



**TUGAS AKHIR - SS145561**

**PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIKA  
PRODUK PAKAN TERNAK AYAM  
DI PT. JAPFA COMFEED INDONESIA TBK.**

**Achmad Syahrul Ramadhani  
NRP 1314 030 035**

**Dosen Pembimbing  
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT**

**Departemen Statistika Bisnis  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**TUGAS AKHIR - SS145561**

**PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIKA  
PRODUK PAKAN TERNAK AYAM  
DI PT. JAPFA COMFEED INDONESIA TBK.**

**Achmad Syahrul Ramadhani  
NRP 1314 030 035**

**Dosen Pembimbing  
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT**

**Departemen Statistika Bisnis  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT - SS 145561**

**STATISTICAL QUALITY CONTROL  
OF CHICKEN FOOD PRODUCT  
IN PT. JAPFA COMFEED INDONESIA TBK.**

**Achmad Syahrul Ramadhani  
NRP 1314 030 035**

**Supervisor  
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT**

**Department Of Business Statistics  
Faculty Of Vocational  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIKA  
PRODUK PAKAN TERNAK AYAM  
DI PT. JAPFA COMFEED INDONESIA TBK.**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Ahli Madya pada Departemen Statistika Bisnis  
Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**ACHMAD SYAHRUL RAMADHANI**  
**NRP 1314 030 035**


**SURABAYA, // JULI 2017**

Menyetujui,  
Pembimbing Tugas Akhir



**Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT**  
**NIP. 19610311 198701 2 001**

Mengetahui,  
Kepala Departemen Statistika Bisnis  
Fakultas Vokasi ITS



**Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si**  
**NIP. 19740328 199802 1 001**

DEPARTEMEN  
STATISTIKA BISNIS

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIKA  
PRODUK PAKAN TERNAK AYAM  
DI PT. JAPFA COMFEED INDONESIA TBK.**

**Nama** : Achmad Syahrul Ramadhani  
**NRP** : 1314 030 035  
**Departemen** : Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dra. Sri Mumpuni R., M.T

**Abstrak**

*Mesin press dua yang dimiliki PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. menghasilkan produk yang keluar dari batas spesifikasi sehingga menyebabkan adanya produk cacat, dan selama ini kualitas produk yang dihasilkan hanya ditentukan berdasarkan analisis secara kimiawi sehingga jika terjadi ketidaksesuaian pada kualitas produk atau tidak memenuhi batas spesifikasi maka tidak dapat diketahui faktor penyebabnya, yang mengakibatkan tidak segera dilakukan perbaikan lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapabilitas proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet dan mengetahui faktor-faktor penyebab dari produk pellet keluar dari batas spesifikasi. Pakan ternak ayam jenis pellet memiliki 3 karakteristik kualitas yang saling berhubungan yaitu Pellet Durability Index (PDI), Kandungan Protein, dan Kandungan Fat sehingga digunakan peta kendali multivariat yaitu peta kendali M untuk mengukur variabilitas proses dan peta kendali  $T^2$  Hotteling untuk mengukur mean proses produksi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan pada Bulan Desember 2016 (fase I) dan Bulan Januari 2017 (fase II) telah terkendali untuk variabilitas proses maupun mean proses, serta kemampuan proses produksi pada Bulan Desember 2016 sebesar 2,5042 dan Bulan Januari 2017 yaitu sebesar 3,03311 sehingga dapat dikatakan proses kapabel. Penyebab nilai PDI keluar dari batas spesifikasi disebabkan oleh mesin yang tidak berjalan konstan atau berhenti, suhu ruangan yang menurun ketika musim hujan, dan kesalahan manusia (SDM) yang dikarenakan operator terlalu capek, kurang teliti, serta kurangnya konsentrasi.*

**Kata Kunci** : Kapabilitas Proses, Pakan Ternak Ayam, Peta Kendali M, Peta Kendali  $T^2$  Hotteling.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

# **STATISTICAL QUALITY CONTROL OF CHICKEN FOOD PRODUCT IN PT. JAPFA COMFEED INDONESIA TBK.**

**Name** : Achmad Syahrul Ramadhani  
**NRP** : 1314 030 035  
**Department** : Bussiness Statistics Faculty Of  
Vocational ITS  
**Academic Supervisor** : Dra. Sri Mumpuni R., M.T

## **Abstract**

*The second press machine which is owned by PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. producing products that out of the specification resulting some defect product, and the quality of the product produced is only determined based on chemical analysis so that if there is neither incompatibility in the quality of the product or not meet the specification, it can not be known the cause factor and repairment immediately. This study aims to determine the capability of pellet chicken feed production process and to know the causal factors of pellet products out of the specification limits. Pellet type poultry feed has three interrelated quality characteristics: Pellet Durability Index (PDI), Protein Content, and Fat Content so as to use multivariate control chart that is M control chart to measure process variability and  $T^2$  Hotteling control chart to measure mean of production process. The research results show that in December 2016 (phase I) and January 2017 (phase II) have been controlled for process variability and process mean, along production process capability in December 2016 with value 2.4873 and January 2017 with value 3, 03311 soit can be said to be capable. The cause of the PDI value out of the specification limit is caused by a machine that does not run constantly or stops, the room temperature decreases during the rainy season and human errors caused by the operator is too tired, less thorough and lack of concentration.*

**Keywords** : Chicken Food, M Control Chart, Process Capability,  $T^2$  Hotteling Control Chart.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengendalian Kualitas Statistika Produk Pakan Ternak Ayam Di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk.”**. Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar karena tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan dengan sabar serta memberikan dukungan yang sangat besar bagi penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si selaku penguji dan Kepala Program Studi Departemen Statistika Bisnis ITS serta Ibu Dra. Destri Susilaningrum, M.Si selaku dosen penguji, dosen wali, dan validator yang telah memberikan saran-saran, nasihat, motivasi untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si selaku Kepala Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah menyediakan fasilitas untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Seluruh Dosen dan karyawan Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah memberikan pengalaman, ilmu kepada penulis serta memberikan kelancaran dalam kuliah baik dari sarana prasarana .
5. Bapak Verdiokta, S.T., M.M. dan Bapak Alen yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk dapat melaksanakan Tugas Akhir di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Gedangan.
6. Bapak Roni selaku Pembimbing Lapangan yang telah membimbing kami selama Tugas Akhir di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. Unit Gedangan.

7. Ayah tercinta Khoirul Anam, Ibu tersayang Dyah Koesmiasih, nenek tersayang Lilik Roekhmianti dan Adik atas doa, kasih sayang, dukungan, semangat dan segalanya yang telah diberikan untuk penulis sehingga menjadi mudah dan dilancarkan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Senior-senior dari Jurusan D3 Statistika ITS yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis yang telah membantu ketika penulis membutuhkan pencerahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman HIMADATA-ITS yang selalu memberikan semangat dan menghibur jika ada sebuah masalah.
10. Teman-teman Angkatan 2014 “PIONEER” Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah bekerja sama dengan baik selama penulis menempuh pendidikan, serta memberikan pengalaman dan kenangan yang berharga bagi penulis.
11. Semua pihak yang telah memberikan dukungan yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar berguna untuk perbaikan berikutnya.

Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat.

Surabaya, April 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                                   | i       |
| <b>TITLE PAGE</b> .....                                      | iii     |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....                               | v       |
| <b>ABSTRAK</b> .....   | vii     |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | ix      |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                                  | xi      |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                      | xiii    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                   | xv      |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                    | xvii    |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                                 | xix     |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>                                     |         |
| 1.1 Latar Belakang .....                                     | 1       |
| 1.2 Perumusan Masalah .....                                  | 3       |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                                   | 4       |
| 1.4 Batasan Masalah.....                                     | 4       |
| 1.5 Manfaat Masalah .....                                    | 4       |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>                               |         |
| 2.1 Analisis Multivariat.....                                | 5       |
| 2.1.1 Independensi Variabel .....                            | 5       |
| 2.1.2 Distribusi Normal Multivariat.....                     | 6       |
| 2.1.3 Homogenitas Matriks Varians Kovarians .....            | 7       |
| 2.1.4 <i>Multivariate Analysis of Variance</i> (MANOVA)..... | 8       |
| 2.2 Pengendalian Kualitas Statistika .....                   | 11      |
| 2.3 Peta Kendali Multivariat .....                           | 11      |
| 2.3.1 Peta Kendali M .....                                   | 11      |
| 2.3.2 Peta Kendali $T^2$ Hotelling Individu.....             | 12      |
| 2.4 Diagram <i>Pareto</i> .....                              | 14      |
| 2.5 Diagram Sebab Akibat (Diagram Ishikawa) .....            | 15      |
| 2.6 Analisis Kapabilitas Proses Multivariat .....            | 15      |
| 2.7 Pakan Ternak.....  | 16      |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>                         |         |
| 3.1 Sumber Data.....   | 19      |

|   |    |
|---|----|
| 3.2 Variabel Penelitian .....   | 19 |
| 3.3 Struktur Data Penelitian .....  | 20 |
| 3.4 Metode Analisis .....   | 21 |
| <b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>   |    |
| 4.1 Analisis Pengendalian Kualitas Fase I .....                                       | 25 |
| 4.1.1 Analisis Asumsi Peta Kendali Multivariat Fase I.....                            | 26 |
| 4.1.2 Analisis Peta Kendali M Fase I.....   | 28 |
| 4.1.3 Analisis Peta Kendali $T^2$ Hotelling Individu<br>Produksi Pellet Fase I.....   | 29 |
| 4.1.4 Kapabilitas Proses Multivariat Proses Produksi<br>Pellet Fase I.....            | 30 |
| 4.2 Analisis Pengendalian Kualitas Fase II .....                                      | 31 |
| 4.2.1 Analisis Asumsi Peta Kendali Multivariat<br>Produksi Pellet Fase II .....       | 31 |
| 4.2.2 Analisis Peta Kendali M Fase II .....   | 33 |
| 4.2.3 Analisis Peta Kendali $T^2$ Hotelling Individu<br>Produksi Pellet Fase II ..... | 37 |
| 4.2.4 Diagram <i>Pareto</i> Proses Produksi Pellet Fase II .....                      | 39 |
| 4.2.5 Diagram Ishikawa Proses Produksi Pellet Fase II ....                            | 40 |
| 4.2.6 Kapabilitas Proses Multivariat Proses Produksi<br>Pellet Fase II .....          | 41 |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>   |    |
| 5.1 Kesimpulan.....   | 43 |
| 5.2 Saran.....  | 43 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....   | 45 |
| <b>LAMPIRAN</b> .....   | 47 |
| <b>BIODATA PENULIS</b> .....  | 71 |

## DAFTAR GAMBAR

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>Gambar 2.1</b> Diagram <i>Pareto</i> .....  | 15      |
| <b>Gambar 2.2</b> Diagram Ishikawa .....   | 15      |
| <b>Gambar 2.3</b> Jenis Pakan Ternak Ayam Berdasarkan<br>Bentuk .....                                      | 16      |
| <b>Gambar 2.4</b> Peta Proses Operasi Produksi.....  | 18      |
| <b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Fase I dan Fase II.....   | 22      |
| <b>Gambar 4.1</b> <i>Chi-Square</i> Plot Data Proses Produksi<br>Desember 2016.....                        | 27      |
| <b>Gambar 4.2</b> Peta Kendali M Proses Produksi Pellet<br>Desember 2016.....                              | 28      |
| <b>Gambar 4.3</b> Peta Kendali $T^2$ Hotelling Individu Proses<br>Produksi Pellet Desember 2016 .....      | 29      |
| <b>Gambar 4.4</b> <i>Chi-Square</i> Plot Data Proses Produksi Pellet<br>Januari 2017 .....                 | 33      |
| <b>Gambar 4.5</b> Peta Kendali M Proses Produksi Data Awal<br>(Januari 2017).....                          | 34      |
| <b>Gambar 4.6</b> Peta Kendali M Proses Produksi Pellet<br>Perbaikan ke-1(Januari 2017).....               | 37      |
| <b>Gambar 4.7</b> Peta Kendali $T^2$ Hotelling Individu Proses<br>Produksi Pellet Fase I dan Fase II ..... | 38      |
| <b>Gambar 4.8</b> Diagram <i>Pareto</i> Proses Produksi .....  | 39      |
| <b>Gambar 4.9</b> Diagram Ishikawa Proses Produksi.....  | 40      |

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## DAFTAR TABEL

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>Tabel 2.1</b> MANOVA .....                          | 9       |
| <b>Tabel 2.2</b> Distribusi <i>Wilk's Lambda</i> ..... | 9       |
| <b>Tabel 2.3</b> Struktur Data $T^2$ Hotteling .....   | 13      |
| <b>Tabel 3.2</b> Struktur Data Penelitian.....         | 20      |



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## DAFTAR LAMPIRAN

|   | Halaman |
|---|---------|
| <b>Lampiran 1</b> Data Proses Produksi Pakan Ternak Ayam Jenis Pellet Desember Tahun 2016 sebagai Fase I.....         | 47      |
| <b>Lampiran 2</b> Data Proses Produksi Pakan Ternak Ayam Jenis Pellet Januari Tahun 2017 sebagai Fase II .....        | 49      |
| <b>Lampiran 3</b> <i>Output</i> Independensi Variabel Fase I Periode Bulan Desember 2016 .....                        | 51      |
| <b>Lampiran 4</b> <i>Output</i> Independensi Variabel Fase II Periode Bulan Januari 2017 .....                        | 52      |
| <b>Lampiran 5</b> Program <i>Syntax</i> Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat .....                               | 52      |
| <b>Lampiran 6</b> <i>Output</i> Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Fase I .....                                | 53      |
| <b>Lampiran 7</b> <i>Output</i> Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Fase II .....                               | 54      |
| <b>Lampiran 8</b> Program <i>Syntax</i> Peta Kendali M .....  | 55      |
| <b>Lampiran 9</b> <i>Output</i> Statistik Uji M Data Desember 2016 .....  | 57      |
| <b>Lampiran 10</b> <i>Output</i> Statistik Uji M Data Awal Januari 2017 .....   | 58      |
| <b>Lampiran 11</b> <i>Output</i> Statistik Uji M Perbaikan ke-1 Data Awal Januari 2017 .....                          | 59      |
| <b>Lampiran 12</b> <i>Output</i> uji Box's M .....  | 60      |
| <b>Lampiran 13</b> <i>Output</i> Uji <i>Behrens-Fisher</i> .....  | 60      |
| <b>Lampiran 14</b> <i>Output</i> Statistik Uji $T^2$ Hotteling Individu Data Desember 2016 .....                      | 61      |
| <b>Lampiran 15</b> <i>Output</i> Statistik Uji $T^2$ Hotteling Individu Data Januari 2017 .....                       | 62      |
| <b>Lampiran 16</b> Data Karakteristik Kualitas yang Tidak Sesuai Batas Spesifikasi untuk Diagram <i>Pareto</i> . .... | 63      |
| <b>Lampiran 17</b> Program <i>Syntax</i> Kapabilitas Proses Multivariat. ....   | 66      |
| <b>Lampiran 18</b> Surat Penerimaan Pengambilan Data .....  | 68      |
| <b>Lampiran 19</b> Surat Keaslian Data .....  | 69      |

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Laju pertumbuhan sub sektor peternakan pada tahun 2012 sebesar 4,97% meningkat 0,17% dibandingkan tahun 2011 sebesar 4,80%, hal tersebut berbanding lurus dengan usaha peternakan ayam mulai banyak berkembang di Indonesia. Perkembangan usaha ternak ayam khususnya ayam pedaging atau broiler di tunjang oleh konsumsi daging ayam broiler yang terus meningkat. Pada tahun 2015 konsumsi daging ayam per kapita sebesar 4,797 kg, mengalami peningkatan sebesar 21,1% dari konsumsi tahun 2014 sebesar 3,963 kg (Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2016). Permintaan daging ayam yang meningkat membuat diperlukan daging ayam yang berkualitas tinggi, untuk mendapatkan hasil tersebut maka kualitas pakan dari ayam pedaging harus dijaga karena dapat berpengaruh pada pertumbuhan, daya tahan tubuh, kesehatan serta produktivitas hewan ternak.

PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. adalah salah satu perusahaan terbesar penghasil pakan ternak ayam pedaging dan ayam petelur yang berkualitas di Indonesia yang memproduksi pakan ternak berjenis Pellet, Crumble, dan Fine Crumble. Produk pakan ternak ayam jenis pellet merupakan pakan untuk ayam yang berumur 22 hari keatas. Pellet dapat digunakan untuk menghasilkan *Feed Conversion Ratio* (FCR) terbaik, memacu pertambahan berat, menghasilkan karkas (bagian ternak yang telah disembelih terdiri dari daging dan tulang saja tanpa kepala, kulit, dan jeroan) yang berimbang (PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk, 2015), untuk menjaga kualitas dan mutu produknya diperlukan adanya pengendalian kualitas, karena jika suatu proses produksi tidak dikendalikan maka hal tersebut dapat menimbulkan masalah yang salah satunya dapat menyebabkan produk cacat atau keluar dari batas spesifikasi.

Pengendalian kualitas adalah suatu usaha untuk mempertahankan kualitas dari barang yang dihasilkan, agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijaksanaan pimpinan perusahaan sehingga dapat diketahui jika terjadi kurang lancarnya proses produksi. Pengendalian kualitas yang akan dilakukan di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. adalah pada produk pakan ternak ayam pedaging jenis pellet, karena produk tersebut diproduksi paling banyak setiap harinya yang berkisar antara 400-500 ton, sehingga hal itu memberikan kerawanan pada kelancaran proses produksi atau kualitas pellet yang dihasilkan dan menyebabkan perlu adanya analisis lebih lanjut mengenai karakteristik kualitas produk.

Produk pakan ternak ayam jenis pellet memiliki 3 karakteristik kualitas yaitu kandungan protein, *fat* (kandungan lemak), dan *Pellet Durability Indeks* (PDI) yang secara teori dimungkinkan saling berkaitan satu sama lain. Selama ini pemeriksaan karakteristik kualitas produknya hanya ditentukan berdasarkan analisis secara kimiawi sehingga jika terjadi ketidaksesuaian pada kualitas produk atau tidak memenuhi batas spesifikasi maka tidak dilanjutkan analisa statistik yang lebih informatif, oleh karena itu perlu dilakukan analisa statistik secara multivariat terhadap proses produksinya, dikarenakan ketiga variabel kualitas saling berhubungan. Analisa statistik yang cocok digunakan untuk mengetahui apakah proses produksi pellet dari ketiga jenis variabel telah terkendali secara statistik atau belum, maka digunakan peta kendali multivariat.

Peta kendali multivariat merupakan metode grafik yang digunakan ketika suatu produk memiliki karakteristik kualitas lebih dari satu yang juga dapat mengetahui apakah suatu proses produksi berada dalam pengendalian kualitas secara statistik atau tidak. Salah satu peta kendali multivariat yang dapat digunakan dan sesuai dengan sampel individu pada karakteristik kualitas pakan ternak ayam jenis pellet di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. adalah peta kendali M dan  $T^2$  Hotelling, dimana peta kendali ini dapat digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses

produksi serta mean proses produksi secara multivariat. Hasil proses produksi yang telah terkendali secara statistik, dapat dilakukan analisis kapabilitas proses untuk mengetahui bahwa proses produksi yang berlangsung sudah kapabel atau belum. Kapabilitas proses bertujuan untuk menunjukkan kemampuan suatu proses dalam memenuhi batas spesifikasi yang telah ditetapkan perusahaan.

Penelitian tentang pengendalian kualitas pada pakan ternak ayam pernah dilakukan oleh Hermawan (2014) pada proses produksi pakan ayam pedaging di PT. Sierad Produce Tbk. yang menghasilkan bahwa penyebab awal tidak terkendalinya proses produksi karena *setting* mesin tidak stabil, suhu ruangan operator panas dan menjalankan instruksi kerja tidak sesuai sehingga setelah dilakukan pengendalian proses produksi pada bulan Oktober, November dan Desember maka didapatkan kemampuan proses telah kapabel. Penelitian dengan metode yang sama juga pernah dilakukan oleh Novitasari (2016) pada produk Crumble tipe G-11 S di PT. Japfa Comfeed Indonesia yang menghasilkan proses produksi terkendali secara statistik & memiliki proses produksi yang tidak kapabel sehingga diperlukan perbaikan proses melalui pembersihan Bin, *elevator*, atau *conveyor*, melakukan kalibrasi alat serta pelatihan kepada operator.

## 1.2 Perumusan Masalah (Permasalahan)

PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. memiliki 3 jenis mesin *press* untuk memproduksi ketiga jenis produknya yaitu mesin *press* 1, mesin *press* 2, dan mesin *press* 3, dimana berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yuldasani dan Aulia (2015) didapatkan bahwa mesin *press* 2 menghasilkan nilai *Pellet Durability Index* (PDI) yang keluar dari batas spesifikasi sehingga menyebabkan adanya produk cacat. *Output* produk yang dihasilkan dari mesin *press*2, selama ini kualitas produknya hanya ditentukan berdasarkan analisis secara kimiawi sehingga jika terjadi ketidaksesuaian pada kualitas produk atau tidak memenuhi batas spesifikasi maka tidak dapat diketahui faktor penyebab

produk cacat, yang mengakibatkan tidak segera dilakukan perbaikan lebih lanjut., oleh karena itu pada penelitian ini akan dianalisis kapabilitas proses dan mengetahui faktor penyebab produk keluar dari batas spesifikasi.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin didapatkan berdasarkan perumusan masalah adalah sebagai berikut

1. Mengetahui kapabilitas proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk.
2. Mengetahui faktor-faktor penyebab dari produk pakan ternak ayam keluar dari batas spesifikasi

### **1.4 Ruang lingkup / Batasan Masalah**

Data yang digunakan adalah data sekunder dari departemen Quality Control PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk bagian *In Process Control* bulan Desember 2016 dan Januari 2017. Produk yang akan diamati adalah produk pakan ternak ayam pedaging jenis pellet yang diproduksi pada mesin *press* 2 dikarenakan pada mesin *press* tersebut hampir setiap hari paling banyak memproduksi pakan ternak ayam jenis pellet dan terdapat produk yang keluar dari batas spesifikasi (Yuldasani dan Aulia, 2016).

### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Dengan mengetahui kapabilitas proses maka ketika kemampuan proses tidak kapabel dapat meningkatkan kualitas produk sedangkan jika kemampuan proses kapabel maka harus dipertahankan kualitas produknya.
2. Dengan mengetahui faktor-faktor penyebab permasalahan ketidaksesuaian maka segera dilakukan perbaikan secepatnya dan berkesinambungan berdasarkan akar penyebab ketidaksesuaian.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Analisis Multivariat

Analisis Multivariat merupakan analisis statistika dimana suatu pengukuran terdiri dari banyak variabel. Analisis multivariat memiliki syarat bahwa variabel-variabel harus berkorelasi dan berdistribusi normal multivariat. Asumsi yang harus dipenuhi pada analisis multivariat akan dijelaskan sebagai berikut.

#### 2.1.1 Independensi Variabel

Pengamatan dengan sejumlah  $p$  variabel, dikatakan independen jika matriks korelasi antar variabel sama dengan matriks identitas ( $\mathbf{R}=\mathbf{I}$ ), untuk mengetahui apakah variabel saling independen digunakan hipotesis sebagai berikut (Rencher, 2002).

Hipotesis :

$H_0 : \mathbf{R} = \mathbf{I}$  (Antar variabel saling independen)

$H_1 : \mathbf{R} \neq \mathbf{I}$  (Antar variabel saling dependen)

Statistik uji untuk yang digunakan untuk mengetahui hubungan antar karakteristik kualitas ditunjukkan pada Persamaan (2.1).

$$\chi^2 = - \left[ n - 1 - \frac{2p+5}{6} \right] \ln |\mathbf{R}| \quad (2.1)$$

$\mathbf{R}$  : Matriks korelasi dari masing-masing variabel

$|\mathbf{R}|$  : Determinan matrik korelasi

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

$H_0$  ditolak jika nilai  $\chi^2 > \chi^2_{\alpha; 1/2 p(p-1)}$ , dimana



$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p x_{ij} x_{ip} - \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p x_{ij} \right) \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p x_{ip} \right)}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p x_{ij}^2 - \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p x_{ij} \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p x_{ip}^2 - \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p x_{ip} \right)^2 \right]}} \quad (2.3)$$

### 2.1.2 Distribusi Normal Multivariat

Distribusi Normal Multivariat merupakan pengembangan dari distribusi normal univariat dengan jumlah variabel lebih dari satu ( $p \geq 2$ ). Distribusi ini digunakan pada sekelompok data yang variabel-variabelnya saling dependen. Apabila terdapat sejumlah variabel  $p$  yang dinyatakan dalam bentuk vektor  $\mathbf{X}' = \{\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p\}$  yang mengikuti distribusi Multivariat normal dengan parameter  $\mu$  dan  $\sigma^2$  maka fungsi densitas peluangnya ditunjukkan pada Persamaan (2.4) (Johnson dan Whincern, 2007).

$$f(\mathbf{x}) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}}} e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{x}-\mu)\Sigma^{-1}(\mathbf{x}-\mu)}, -\infty < \mathbf{x}_j < \infty, j=1,2,\dots,p \quad (2.4)$$

Untuk mengetahui apakah suatu variabel random  $X$  berdistribusi normal multivariat dapat dilakukan dengan carayaitu

#### 1. Pemeriksaan Menggunakan *Chi-square Plot*

a. Menghitung nilai  $\mathbf{d}_i^2$  dimana

$$\mathbf{d}_i^2 = (\mathbf{X}_{ij} - \bar{\mathbf{X}}_j)' \mathbf{S}_g^{-1} (\mathbf{X}_{ij} - \bar{\mathbf{X}}_j) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.5)$$

$$\mathbf{S}_g = \begin{bmatrix} s_1^2 & s_{12} & \cdots & s_{1p} \\ & s_2^2 & \cdots & s_{2p} \\ & & \ddots & \vdots \\ & & & s_p^2 \end{bmatrix}$$

$$s_{jk} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_{.j})(x_{ik} - \bar{x}_{.k})$$

$$s_{.j}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_{.j})^2$$

keterangan

$\mathbf{x}_{ij}$  = vektor pengamatan ke-i pada variabel ke-j

$\bar{\mathbf{x}}_{.j}$  = vektor rata-rata variabel ke-j

$I$  = banyaknya pengamatan sejumlah  $n$

$\mathbf{S}_g^{-1}$  = Invers matriks varian kovarian  $\mathbf{S}_g$

- b. Mengurutkan nilai  $\mathbf{d}_i^2$  dari terkecil hingga terbesar  $\mathbf{d}_1^2 \leq \mathbf{d}_2^2 \leq \dots \leq \mathbf{d}_n^2$ .
- c. Menentukan nilai  $\mathbf{q}_i = \chi_{(p;(n-j+0,5)/n)}^2$ ,  $i=1, 2, \dots, n$
- d. Membuat *Chi-square Plot* antara  $\mathbf{d}_i^2$  dan  $\mathbf{q}_i$ , dikatakan berdistribusi normal multivariat jika plot  $\mathbf{d}_i^2$  mendekati garis linier.

## 2. Pemeriksaan Proporsi

Untuk mengetahui apakah suatu vektor  $\mathbf{X}$  berdistribusi normal multivariat, dengan cara melihat nilai  $\mathbf{d}_i^2$  pada Persamaan (2.5) yang lebih kecil dari nilai tabel  $\chi_{(p;\alpha)}^2$ . Apabila kurang dari 50% maka sebaran data tersebut mengikuti distribusi normal multivariat.

### 2.1.3 Homogenitas Matriks Varian Kovarians

Untuk mengetahui apakah matriks varian kovarians homogen atau tidak maka dilakukan pengujian dengan menggunakan *Box's M* dengan hipotesis sebagai berikut (Johnson dan Whincern, 2007).

$$H_0 : \Sigma_1 = \Sigma_2 = \dots = \Sigma_g$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \Sigma_\ell \neq \Sigma_g, \text{ dimana } \ell = 1, 2, \dots, g$$

Statistik Uji :

$$C = (1-u)M \quad (2.6)$$

Dimana,

$$u = \left[ \sum_{\ell} \frac{1}{(n_{\ell} - 1)} - \frac{1}{\sum_{\ell} (n_{\ell} - 1)} \right] \left[ \frac{2p^2 + 3p - 1}{6(p+1)(g-1)} \right] \quad (2.7)$$

$$M = \left[ \sum_{\ell} (n_{\ell} - 1) \right] \ln |S_{\text{pooled}}| - \sum_{\ell} \sum_{\ell} [(n_{\ell} - 1) \ln |S_{\ell}|] \quad (2.8)$$

$$S_{\text{pooled}} = \frac{1}{\sum_{\ell=1}^g (n_{\ell} - 1)} \{ (n_1 - 1)S_1 (n_2 - 1)S_2 + \dots + (n_g - 1)S_g \} \quad (2.9)$$

$H_0$  ditolak jika  $C > \chi^2_{p(p+1)(g-1)/2; \alpha}$ .

#### 2.1.4 Multivariate Analysis of Variance (MANOVA)

*Multivariate Analysis of Variance* (MANOVA) adalah teknik analisis yang digunakan untuk membandingkan rata-rata dari dua populasi atau lebih dalam kasus multivariat random sampel yang diperoleh dari  $g$  populasi (Johnson dan Wichern, 2007). Sebelum melakukan pengujian, terdapat beberapa asumsi yang harus dipenuhi sebagai berikut.

1.  $X_{\ell 1}, X_{\ell 2}, \dots, X_{\ell n}$  adalah sampel acak dengan ukuran  $n_i$  dari sebuah populasi dengan rata-rata  $\mu_{\ell}$ . Sampel acak berasal dari populasi berbeda yang saling independen.
  2. Matriks varian kovarian  $\Sigma$  antar perlakuan identik.
  3. Setiap populasi memiliki distribusi multivariat normal.
- Persamaan model MANOVA untuk vektor-vektor rata-rata  $g$  populasi dan hipotesis adalah sebagai berikut.

$$X_{\ell i} = \mu + \tau_{\ell} + e_{\ell i} \quad i = 1, 2, \dots, n; \ell = 1, 2, \dots, g \quad (2.10)$$

Susunan tabel MANOVA dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1.** MANOVA

| Sumber Variasi | Matriks Jumlah Kuadrat  | Derajat Bebas                  |
|----------------|---|--------------------------------|
| Perlakuan      | $B = \sum_{\ell=1}^g n_{\ell} (\bar{\mathbf{x}}_{\ell} - \bar{\mathbf{x}})(\bar{\mathbf{x}}_{\ell} - \bar{\mathbf{x}})'$                              | $g - 1$                        |
| Residual       | $W = \sum_{\ell=1}^g \sum_{i=1}^{n_{\ell}} (\bar{\mathbf{x}}_{i\ell} - \bar{\mathbf{x}}_{\ell})(\bar{\mathbf{x}}_{i\ell} - \bar{\mathbf{x}}_{\ell})'$ | $\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - g$ |
| Total          | $B + W = \sum_{\ell=1}^g \sum_{i=1}^{n_{\ell}} (\bar{\mathbf{x}}_{i\ell} - \bar{\mathbf{x}})(\bar{\mathbf{x}}_{i\ell} - \bar{\mathbf{x}})'$           | $\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - 1$ |

Setelah menyusun tabel MANOVA, maka selanjutnya menghitung nilai *Wilk's Lambda* ditunjukkan pada persamaan (2.11) dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_g = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu pasang } \tau_g \neq 0,$$

Statistik uji :

$$\Lambda^* = \frac{|\mathbf{W}|}{|\mathbf{B} + \mathbf{W}|} \quad (2.11)$$

Jika sudah diperoleh nilai *Wilk's Lambda* maka menghitung nilai  $F_{hitung}$  berdasarkan distribusi *Wilk's Lambda* dapat dilihat pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Distribusi *Wilks' Lambda*

| Jumlah Variabel | Jumlah Grup | Distribusi Sampling untuk Data Multivariat Normal  |
|-----------------|-------------|--|
| $p = 1$         | $g \geq 2$  | $\left( \frac{\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - g}{g - 1} \right) \left( \frac{1 - \Lambda^*}{\Lambda^*} \right) \sim F_{g-1, \sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - g}$                                    |
| $p = 2$         | $g \geq 2$  | $\left( \frac{\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - g - 1}{g - 1} \right) \left( \frac{1 - \sqrt{\Lambda^*}}{\Lambda^*} \right) \sim F_{2(g-1), 2 \left( \sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - g - 1 \right)}$ |

Tabel 2.2 Lanjutan

| Jumlah Variabel | Jumlah Grup | Distribusi Sampling untuk Data Multivariat Normal  |
|-----------------|-------------|--|
| $p \geq 1$      | $g = 2$     | $\left( \frac{\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - p - 1}{p} \right) \left( \frac{1 - \Lambda^*}{\Lambda^*} \right) \sim F_{p, \sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - p - 1}$                          |
| $p \geq 1$      | $g = 3$     | $\left( \frac{\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - p - 2}{p} \right) \left( \frac{1 - \sqrt{\Lambda^*}}{\Lambda^*} \right) \sim F_{2p, 2 \left( \sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - p - 2 \right)}$ |

Daerah penolakan:

$H_0$  ditolak, apabila  $p_{\text{value}} < \alpha$  atau  $F_{\text{hitung}} > F_{(\alpha; df1; df2)}$

Asumsi homogenitas varians kovarians yang tidak terpenuhi maka analisis perbedaan *treatment* dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Behrens-Fisher* pada persamaan (2.12) dengan hipotesis sebagai berikut :

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$

$H_1 : \text{minimal ada satu } \mu_{\ell} \neq 0 ; \ell = 1, 2, \dots, g$

Daerah kritis :  $H_0$  ditolak jika  $T^2 > \chi^2_{(\alpha, p)}$

Statistik Uji :

$$T^2 = [\bar{\mathbf{x}}_1 - \bar{\mathbf{x}}_2]^T \left[ \frac{1}{n_1} \mathbf{S}_1 + \frac{1}{n_2} \mathbf{S}_2 \right]^{-1} [\bar{\mathbf{x}}_1 - \bar{\mathbf{x}}_2] \quad (2.12)$$

dimana,

$\bar{\mathbf{x}}_1$  = matriks rata-rata pada *treatment* ke-1

$\bar{\mathbf{x}}_2$  = matriks rata-rata pada *treatment* ke-2

$\mathbf{S}_1$  = matriks varians kovarians *treatment* ke-1

$\mathbf{S}_2$  = matriks varians kovarians *treatment* ke-2

## 2.2 Pengendalian Kualitas Statistika

Pengendalian kualitas statistika merupakan suatu metode untuk mengevaluasi kualitas produk berdasarkan jenis karakteristik kualitas hasil produksi dengan menggunakan metode statistik. Terdapat dua jenis karakteristik kualitas, yaitu variabel dan atribut. Karakteristik kualitas variabel adalah karakteristik kualitas produk dinyatakan dengan besaran yang dapat diukur sedangkan karakteristik kualitas atribut adalah karakteristik kualitas suatu produk yang dinyatakan dengan kategori tertentu.

Peta kendali adalah salah satu metode statistik dalam bentuk tampilan grafis dari proses produksi yang telah diukur atau dihitung dalam suatu periode tertentu dengan dibatasi oleh Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB). Peta kendali variabel yang digunakan ketika karakteristik kualitas lebih dari satu dengan ukuran subgroup sama dengan satu maka digunakan peta kendali  $T^2$  Hotteling individu (Montgomery, 2013). Peta Kendali yang digunakan untuk memantau variabilitas proses adalah peta kendali  $\bar{M}$  sedangkan untuk memantau *mean* proses digunakan peta  $T^2$  Hotteling individu.

## 2.3 Peta Kendali Multivariat

Peta kendali multivariat merupakan peta kendali variabel yang digunakan ketika suatu produk memiliki karakteristik kualitas lebih dari satu yang juga dapat mengetahui apakah suatu proses produksi berada dalam pengendalian kualitas secara statistik atau tidak. Peta kendali multivariat yang digunakan untuk sampel individu didasarkan pada *successive difference* yang merupakan selisih antar vektor pengamatan secara berturut-turut.

### 2.3.1 Peta Kendali $\bar{M}$

Peta kendali  $\bar{M}$  merupakan peta kendali yang digunakan untuk mengontrol variabilitas proses multivariat pada data dengan sampel individu. Nilai statistik untuk Peta Kendali  $\bar{M}$  didasarkan

pada rumus  $\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i$  yang diperoleh dari matriks  $\mathbf{V}$  dengan ditunjukkan pada Persamaan (2.13) (Montgomery, 2013).

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} (\mathbf{X}_{2j} - \mathbf{X}_{1j})' \\ (\mathbf{X}_{3j} - \mathbf{X}_{2j})' \\ \vdots \\ (\mathbf{X}_{nj} - \mathbf{X}_{(n-1)j})' \end{bmatrix}, i = 1, 2, 3, \dots, n-1 \quad (2.13)$$

$$\mathbf{U}'\mathbf{U} = \frac{1}{2} \mathbf{V}'\mathbf{S}_g^{-1}\mathbf{V} \quad (2.14)$$

$$\mathbf{U}'\mathbf{U} = \frac{1}{2} (\mathbf{X}_{(i+1)j} - \mathbf{X}_{ij})' \mathbf{S}_g^{-1} (\mathbf{X}_{(i+1)j} - \mathbf{X}_{ij}) \quad (2.15)$$

Perhitungan nilai statistik peta kendali M ditunjukkan pada Persamaan (2.16) dan batas kendali peta kendali M ditunjukkan pada Persamaan (2.17) & (2.18) (Khoo dan Quah, 2003).

$$\mathbf{M}_i = \frac{1}{2} (\mathbf{X}_{(i+1)j} - \mathbf{X}_{ij})' \mathbf{S}_g^{-1} (\mathbf{X}_{(i+1)j} - \mathbf{X}_{ij}) \quad (2.16)$$

$$\text{BKA} = \chi^2_{p, 0.0027/2} \quad (2.17)$$

$$\text{BKB} = \chi^2_{p, 1-0.0027/2} \quad (2.18)$$

### 2.3.2 Peta Kendali $T^2$ Hotteling Individu

Peta kendali  $T^2$  Hotteling individu merupakan peta kendali multivariat yang digunakan untuk mengendalikan suatu *mean* proses ketika variabel yang diamati lebih dari satu jenis dan memiliki ukuran subgroup sebanyak satu (Montgomery, 2013) dengan struktur data peta kendali  $T^2$  Hotteling yang ditunjukkan pada tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Struktur Data  $T^2$ Hotteling

| Sampel ke- (i) | Karakteristik Kualitas (j) |                |      |                |      |                |
|----------------|----------------------------|----------------|------|----------------|------|----------------|
|                | $X_1$                      | $X_2$          | .... | $X_j$          | .... | $X_p$          |
| 1              | $X_{11}$                   | $X_{12}$       | .... | $X_{1j}$       | .... | $X_{1p}$       |
| 2              | $X_{21}$                   | $X_{22}$       | .... | $X_{2j}$       | .... | $X_{2p}$       |
| I              | $X_{i1}$                   | $X_{i2}$       | .... | $X_{ij}$       | .... | $X_{ip}$       |
| $\vdots$       | $\vdots$                   | $\vdots$       | .... | $\vdots$       | .... | $\vdots$       |
| N              | $X_{n1}$                   | $X_{n2}$       | .... | $X_{nj}$       | .... | $X_{np}$       |
| Rata-rata      | $\bar{X}_{.1}$             | $\bar{X}_{.2}$ | .... | $\bar{X}_{.j}$ | .... | $\bar{X}_{.p}$ |
| Varian         | $S_{.1}^2$                 | $S_{.2}^2$     | .... | $S_{.j}^2$     | .... | $S_{.p}^2$     |

Keterangan :

$x_{ijk}$  : nilai pengamatan pada observasi ke-i, karakteristik kualitas ke-j, dan subgroup ke-k

i : banyaknya sampel sejumlah n

j : banyaknya karakteristik kualitas sejumlah p

k : banyaknya subgroup sejumlah m

Matriks varians kovarians ditunjukkan pada Persamaan (2.19).

$$S_h = \frac{1}{2} \frac{\mathbf{V}' \mathbf{V}}{(n-1)} \quad (2.19)$$

Nilai statistik  $T^2$  Hotteling Individu pada Persamaan (2.20)

$$\mathbf{T}_i^2 = (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_{.j})' \mathbf{S}_h^{-1} (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_{.j}) \quad (2.20)$$

Analisis menggunakan peta kendali  $T^2$  Hotteling individu terdapat dua fase. Fase I digunakan untuk memperoleh pengamatan yang berada dalam batas kendali sehingga batas kendali pada fase I dapat digunakan untuk fase II yang berguna untuk mengontrol produksi dimasa depan berdasarkan data pada periode selanjutnya ketika telah diketahui terdapat pergeseran proses yang signifikan atau adanya perbedaan antara proses produksi fase I dengan fase II. Batas kendali untuk peta kendali  $T^2$  Hotteling pada fase I ditunjukkan pada Persamaan (2.21).

$$BKA = \frac{(n-1)^2}{n} \beta_{0,0027,p/2,(n-p-1)/2} \quad (2.21)$$

$$BKB = 0$$



Batas kendali peta  $T^2$  Hotelling pada fase II berdasarkan fase I ditunjukkan pada Persamaan (2.22).

$$BKA = \frac{p(n+1)(n-1)}{n^2 - np} F_{0,0027,p,n-p} \quad (2.22)$$

$$BKB = 0$$

Keterangan:

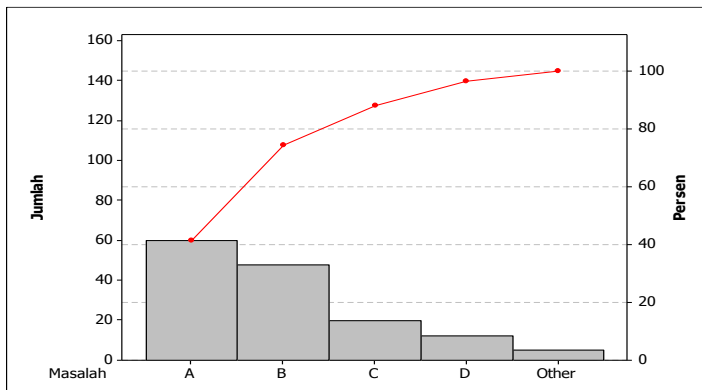
$n$  = Banyaknya sampel

$p$  = Banyaknya karakteristik kualitas (variabel)

Proses produksi dikatakan terkendali jika plot  $T^2$  Hotelling Individu berada dalam batas kendali (Montgomery, 2013)

## 2.4 Diagram *Pareto*

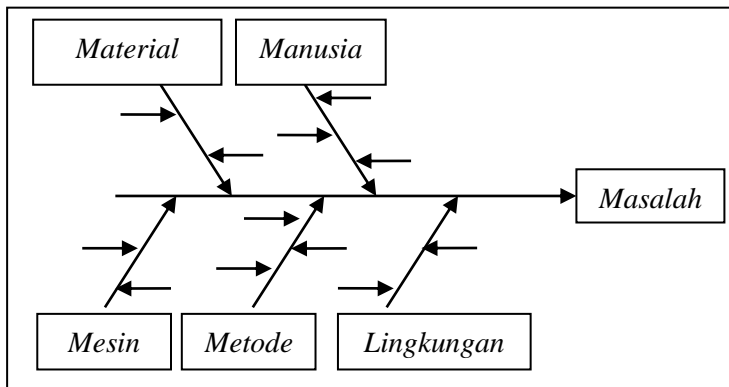
Diagram *Pareto* adalah sebuah metode untuk menganalisis kesalahan, masalah, atau cacat, agar membantu memusatkan perhatian upaya penyelesaian masalahnya. Diagram tersebut dibuat berdasarkan pekerjaan dari Vilfredo *Pareto* pada abad ke-19. Joseph M. Juran mempopulerka cara kerja Diagram *Pareto* dengan menyatakan bahwa 80% permasalahan merupakan hasil dari penyebab 20% masalah saja secara keseluruhan (Heizer, Render and Munson 2017)



Gambar 2.1 Diagram *Pareto*

## 2.5 Diagram Sebab Akibat (Diagram *Ishikawa*)

Diagram sebab akibat disebut juga diagram tulang ikan karena bentuknya yang mirip tulang ikan dan biasa juga disebut sebagai diagram *Ishikawa*. Diagram ini menggambarkan hubungan antara masalah atau akibat dengan faktor-faktor yang menjadi penyebabnya seperti material, manusia, mesin, metode, dan lingkungan, sehingga lebih mudah dalam penanganannya karena dapat melukiskan dengan jelas berbagai penyebab ketidaksesuaian dalam produk. (Heizer, Render and Munson 2017).



Gambar 2.2 Diagram Ishikawa

## 2.6 Analisis Kapabilitas Proses Multivariat

Kapabilitas proses adalah suatu analisis guna menaksir kemampuan proses. Analisis kemampuan proses merupakan bagian yang sangat penting dari keseluruhan program peningkatan kualitas (Kotz & Johnson, 1993). Adapun ketentuan dari nilai  $C_p$  adalah sebagai berikut:

1. Jika  $C_p > 1$  maka dikatakan kemampuan proses sangat baik
2. Jika  $C_p = 1$  maka dikatakan kemampuan proses sesuai
3. Jika  $C_p < 1$  maka dikatakan kemampuan proses buruk

Asumsi peta kendali harus keadaan terkendali, sehingga nilai indeks kapabilitas proses (Cp) multivariat ditunjukkan pada Persamaan (2.23)

$$Cp = \frac{K}{\chi_{0,9973p}^2} \left[ \frac{(m-1)p}{W} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.23)$$

$$W = \sum_{i=1}^m (\mathbf{X}_{ij} - \bar{\mathbf{X}}_j)' \mathbf{A}^{-1} (\mathbf{X}_{ij} - \bar{\mathbf{X}}_j) \quad (2.24)$$

$$\mathbf{A}^{-1} = (\mathbf{X}_{ij}' \mathbf{X}_{ij})^{-1} \quad (2.25)$$

$$\mathbf{K}^2 = (\bar{\mathbf{X}}_j - \xi_j)' \mathbf{S}_g^{-1} (\bar{\mathbf{X}}_j - \xi_j) \quad (2.26)$$

$$\xi_j = \frac{1}{2} (\text{BSA} + \text{BSB})$$

(2.27)

Keterangan

m = banyaknya pengamatan yang terkendali

## 2.7 Pakan Ternak

Kebutuhan pakan dari tiap-tiap ternak berbeda-beda sesuai dengan jenis, umur, bobot badan, keadaan lingkungan dan kondisi fisiologis ternak. Pakan harus mengandung semua nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh ternak, namun tetap dalam jumlah yang seimbang. Nutrisi yang dibutuhkan oleh ternak antara lain karbohidrat, lemak, protein, vitamin, air dan unsur anorganik serta mineral. Jenis pakan ternak dibedakan berdasarkan bentuknya yaitu terdapat 3 macam yang ditunjukkan sebagai berikut (PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. , 2015).



(a)



(b)

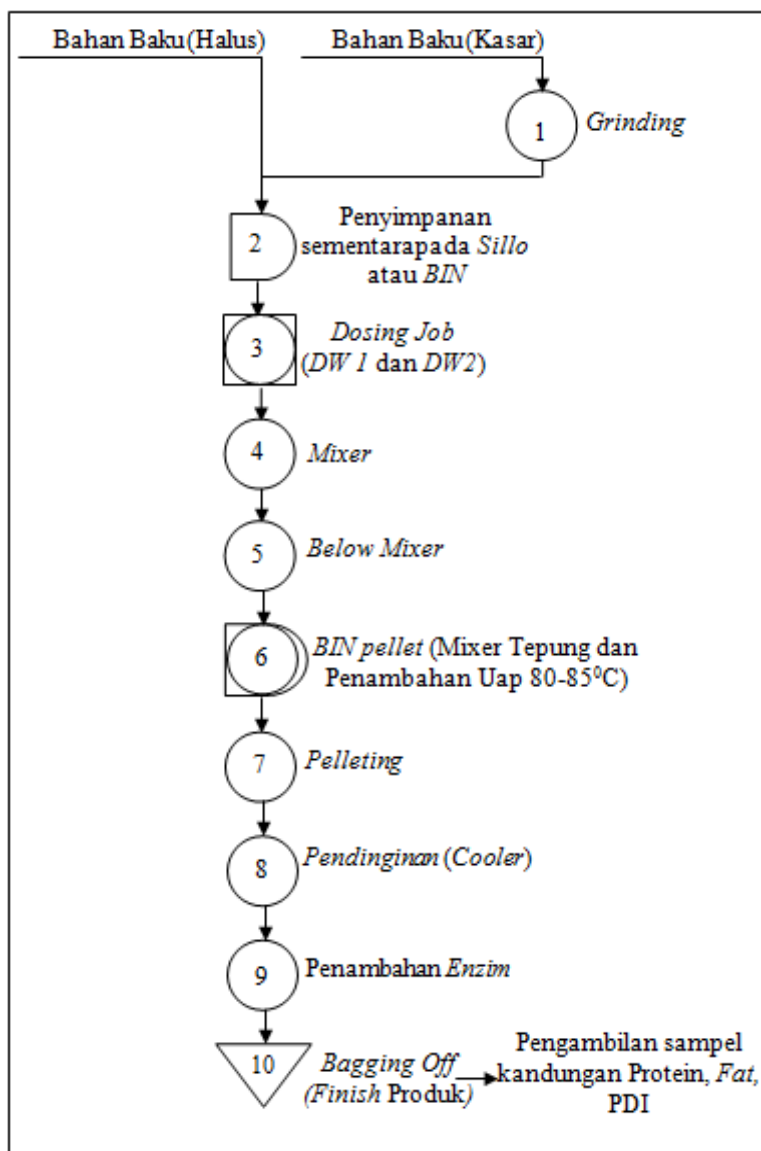


(c)

**Gambar 2.3** Jenis Pakan Ternak Ayam Berdasarkan Bentuk (a) Pellet, (b) Crumble, (c) Fine Crumble

- 1.) Pellet  
Pellet merupakan jenis pakan ternak yang memiliki tingkat kepadatan paling tinggi dan memiliki bentuk mirip seperti tabung. Pellet merupakan produk pakan ternak yang digunakan untuk pakan ayam yang berumur 22 hari keatas. Pellet biasanya digunakan untuk menghasilkan FCR (*Feed Conversion Ratio* atau satuan hitung efisiensi pakan ternak untuk pembesaran dan penggemukan ternak agar dapat mengefisienkan pakan digunakan), memacu pertumbuhan berat, menghasilkan karkas (bagian ternak yang telah disembelih terdiri dari daging dan tulang saja tanpa kepala, kulit, dan jeroan) yang berimbang.
- 2.) Crumble  
Crumble merupakan jenis pakan ternak yang memiliki tingkat kepadatan medium dan memiliki bentuk tidak rata. Crumble merupakan produk pakan ternak yang digunakan untuk pakan ayam yang berumur 11-22 hari. Crumble biasanya digunakan untuk perkembangan seluruh organ karena ayam masih dalam proses pertumbuhan, mempercepat pertumbuhan, dan menghasilkan FCR terbaik.
- 3.) Fine Crumble  
Fine Crumble merupakan jenis pakan ternak yang memiliki tingkat kepadatan terendah atau lebih kecil dari jenis crumble dan memiliki bentuk tidak rata juga. Fine Crumble merupakan produk pakan ternak yang digunakan untuk pakan ayam yang berumur 1-10 hari. Fine Crumble biasanya digunakan pembentukan struktur tulang, pembentukan pencernaan, perkembangan sistem kekebalan, mencapai keseragaman berat ayam, perkembangan tubuh.

Proses produksi pakan ternak ayam pedaging jenis pellet ditunjukkan pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Peta Proses Operasi Produksi

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Sumber Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang didapatkan dari departemen Quality Control di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. bagian In Process Control yang beralamat di Jl. Raya Tebel Km 3,8 Gedangan, Sidoarjo. Surat izin pengambilan data dan surat Keaslian data dapat dilihat di Lampiran 18 dan 19. Produk yang digunakan adalah produk pakan ternak ayam jenis pellet yang diambil pada bulan Desember 2016 sebagai fase I untuk mendapatkan observasi dalam batas kendali sehingga batas kendalinya dapat ditetapkan untuk fase II yang merupakan pemantauan produksi masa depan. Fase II adalah hasil proses produksi pada Bulan Januari 2017 yang digunakan untuk membandingkan dengan fase I apakah dilakukan *improve* atau tidak, tetapi karena penulis tidak bisa melakukan *improve* maka hanya akan dilihat apakah ada pergeseran proses atau tidak. Sampel diambil sebanyak minimal 1 kali setiap shift kerja tetapi jika terdapat masalah pada proses produksi maka diambil sampel setiap shift kerja sebanyak 2 kali.

#### **3.2 Variabel Penelitian**

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1.  $X_1$  adalah *Pellet Durability Index* (PDI) yang merupakan Indeks ketahanan pakan ternak terhadap guncangan saat perjalanan atau pada proses penumpukan, semakin tinggi nilai PDI maka ketahanan pellet akan semakin keras dan berlaku sebaliknya. Alat ukur yang digunakan yaitu *Holmen Tester Pellet Durability Index* memiliki batas spesifikasi sebesar  $(88,5 \pm 3,5) \%$
2.  $X_2$  adalah Kandungan Protein yang berguna untuk mempercepat pertumbuhan dan menambah berat ayam,

semakin tinggi kandungan protein maka asam amino esensial mengalami *deaminasi* yang menyebabkan perubahan asam piruvat semakin sedikit dan berlaku sebaliknya. Alat ukur yang digunakan yaitu *Nirfoss*. Kandungan protein memiliki batas spesifikasi sebesar  $(19,72 \pm 0,85)\%$ .

3.  $X_3$  adalah Kandungan *Fat* yang berguna sebagai cadangan energi dan perbaikan jaringan tubuh ayam yang rusak, semakin tinggi kandungan *fat* maka menyebabkan pellet semakin lembek dan berlaku sebaliknya. Alat ukur yang digunakan yaitu *Nirfoss*. Kandungan *fat* memiliki batas spesifikasi sebesar  $(5,75 \pm 0,76)\%$

Hubungan dari ketiga jenis variabel kualitas adalah jika kandungan protein semakin rendah maka akan menghasilkan asam piruvat semakin sedikit yang menyebabkan perubahan kandungan lemak semakin rendah sehingga PDI semakin tinggi atau lebih keras dan membuat ayam tidak mau makan, sebaliknya jika kandungan protein semakin tinggi maka menghasilkan asam piruvat semakin tinggi yang menyebabkan perubahan kandungan lemak semakin tinggi sehingga PDI semakin rendah dan pakan ternak pellet akan lebih mudah rapuh atau remuk jika terkena goncangan.

### 3.3 Struktur Data Penelitian

Struktur data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

**Tabel 3.2** Struktur Data Penelitian Fase I dan Fase II

| Batch<br>ke-(i) | Karakteristik Kualitas ke-(j) |                            |               |
|-----------------|-------------------------------|----------------------------|---------------|
|                 | PDI( $x_1$ )                  | Kandungan Protein( $x_2$ ) | Fat ( $x_3$ ) |
| 1               | $x_{11}$                      | $x_{12}$                   | $x_{13}$      |
| 2               | $x_{21}$                      | $x_{22}$                   | $x_{23}$      |
| 3               | $x_{31}$                      | $x_{32}$                   | $x_{33}$      |
| 4               | $x_{41}$                      | $x_{42}$                   | $x_{43}$      |
| $\vdots$        | $\vdots$                      | $\vdots$                   | $\vdots$      |
| 66              | $x_{661}$                     | $x_{662}$                  | $x_{663}$     |

### 3.4 Metode Analisis

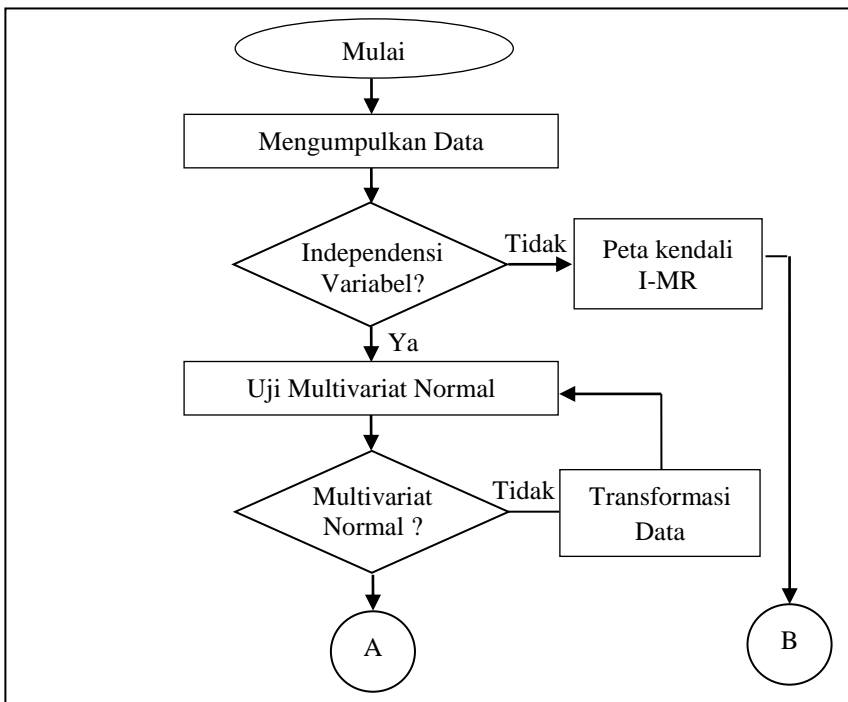
Metode analisis yang digunakan untuk menjawab tujuan penelitian adalah analisis kapabilitas proses, peta kendali multivariat, diagram *Pareto*, dan diagram *Ishikawa*. Adapun langkah-langkah penyelesaian penelitian ini diberikan sebagai berikut.

1. Mengumpulkan data hasil pemeriksaan produk pakan ternak ayam jenis pellet di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. pada periode bulan Desember 2016 dan Januari 2017.
2. Melakukan pengujian asumsi dependensi variabel-variabel produksi pakan ternak ayam jenis pellet berhubungan atau tidak pada fase I maupun fase II, dan jika pengujian asumsi dependensi variabel tidak memenuhi asumsi maka digunakan peta kendali univariat yaitu peta kendali *Individual Moving Range* (I-MR).
3. Melakukan pemeriksaan asumsi normal multivariat untuk mengetahui apakah variabel-variabel produksi pakan ternak ayam di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. telah berdistribusi normal multivariat pada fase I maupun fase II, dan jika pemeriksaan asumsi normal multivariat tidak memenuhi asumsi maka dilakukan transformasi.
4. Membuat peta kendali M untuk memonitoring variabilitas proses pada fase I, jika proses tidak terkendali maka diidentifikasi penyebab plot-plot keluar dari batas kendali dan dilakukan perbaikan pada peta kendali M.
5. Membuat peta kendali  $T^2$  Hotelling fase I jika peta kendali M pada fase I telah terkendali secara statistik, dan ketika proses tidak terkendali maka diidentifikasi penyebab plot-plot keluar dari batas kendali dan dilakukan perbaikan pada peta kendali  $T^2$  Hotelling.
6. Melakukan langkah analisis nomor 4 dan 5 kemudian pada fase II, membandingkan fase I apakah terjadi pergeseran proses.

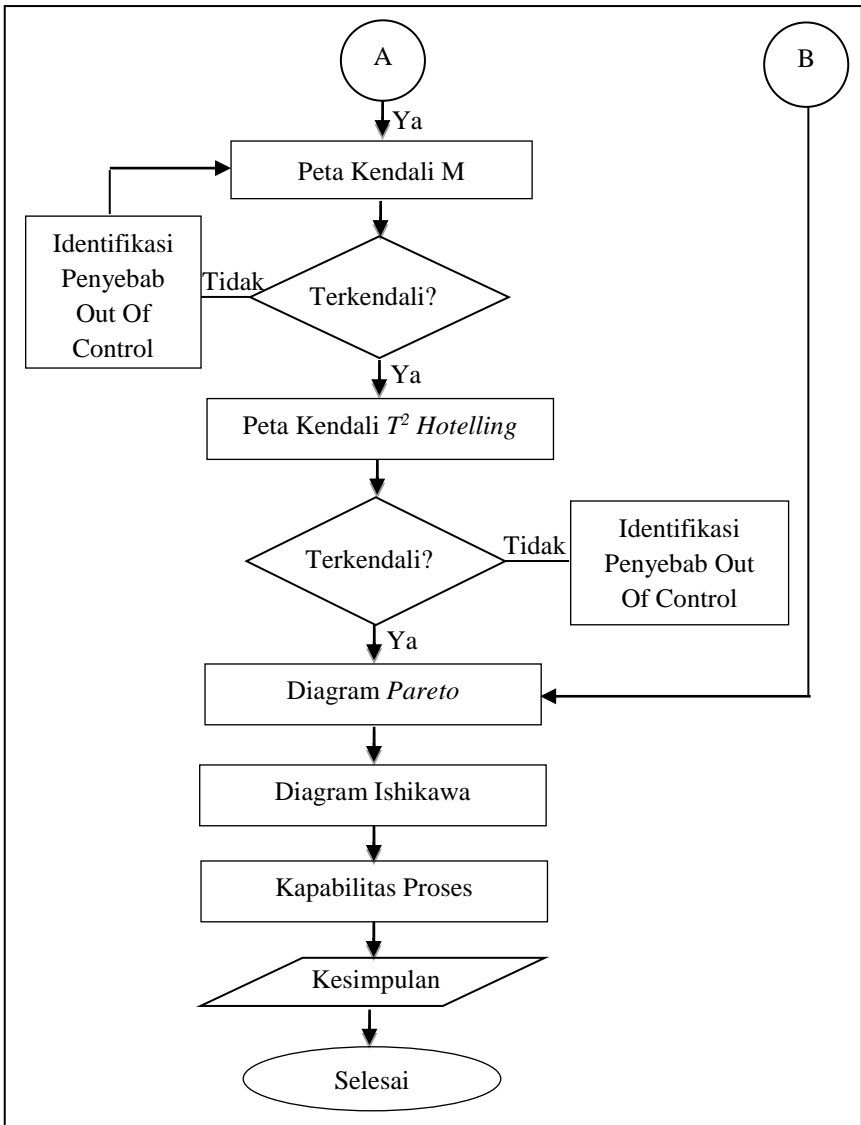


7. Membuat Diagram *Pareto* untuk mengetahui penyebab masalah terbesar pada fase I dan fase II yang nantinya akan menjadi prioritas utama untuk segera diperbaiki.
8. Membuat Diagram *Ishikawa* untuk mengetahui faktor-faktor penyebab masalah terbesar berdasarkan diagram *Pareto* pada fase I dan fase II.
9. Menganalisis kapabilitas proses multivariat pada fase I maupun fase II yang digunakan untuk mengetahui proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet telah kapabel atau belum serta mengalami peningkatan atau tidak.
10. Menginterpretasi hasil analisis data & menarik kesimpulan.

Diagram alir yang terbuat berdasarkan langkah analisis yang telah diuraikan adalah pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Fase I dan Fase II



Gambar 3.1 lanjutan

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Pembahasan pada Bab 4 ini akan dilakukan pengendalian kualitas pada Bulan Desember 2016 sebagai fase I dan hasil proses produksi Bulan Januari 2017 sebagai fase II dimana fase II digunakan untuk perbandingan dengan fase I apakah dilakukan *improve* atau tidak, tetapi karena tidak bisa dilakukan *improve* maka hanya akan dilihat apakah ada pergeseran proses atau tidak. Peta kendali yang digunakan dalam analisis ini adalah peta kendali M dan peta kendali  $T^2$  Hotteling Individu karena setiap subgroup hanya terdapat 1 pengamatan, dimana asumsi dependensi variabel dan berdistribusi normal multivariat harus terpenuhi terlebih dahulu. Pengamatan yang telah terkendali akan dilanjutkan dengan mengukur kemampuan proses produksi menggunakan kapabilitas proses multivariat, sedangkan untuk melihat apakah terjadi pergeseran proses digunakan analisis MANOVA.

#### **4.1 Analisis Pengendalian Kualitas Fase I**

Analisis pengendalian kualitas fase I digunakan untuk mendapatkan observasi yang berada dalam batas kendali sehingga batas kendalinya dapat ditetapkan untuk fase II yang merupakan pemantauan produksi masa depan. Fase I pada penelitian ini menggunakan data proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet bulan Desember 2016 dengan pengamatan individu yang ditunjukkan di Lampiran 1. Data ini terdapat tiga jenis karakteristik kualitas (multivariat) sehingga peta kendali multivariat yang cocok untuk pengamatan individu adalah peta kendali M untuk memantau variabilitas proses dan peta  $T^2$  Hotteling individu untuk memantau *mean* proses, dengan asumsi dependensi variabel dan berdistribusi normal multivariat harus terpenuhi terlebih dahulu.

#### 4.1.1 Analisis Asumsi Peta Kendali Multivariat Fase I

Peta kendali multivariat memerlukan beberapa asumsi yaitu dependensi antar variabel dan distribusi normal multivariat. Analisis proses produksi fase I pada penelitian ini digunakan data proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet pada bulan Desember 2016 pada Lampiran 1, dimana hasilnya ditunjukkan sebagai berikut.

##### A. Independensi Variabel Antar Karakteristik Kualitas Fase I

Pengujian independensi dilakukan untuk mengetahui hubungan dari ketiga variabel yang digunakan yaitu *Pellet Durability Index*, kandungan Protein, dan kandungan *Fat* apakah dependen atau tidak. Hipotesis dan hasil pengujian menggunakan metode *Bartlett Test* adalah sebagai berikut.

$H_0 : \mathbf{R} = \mathbf{I}$  (Hubungan antara variabel  $X_1$ ,  $X_2$ , dan  $X_3$  saling independen)

$H_1 : \mathbf{R} \neq \mathbf{I}$  (Hubungan antara variabel  $X_1$ ,  $X_2$ , dan  $X_3$  saling dependen)

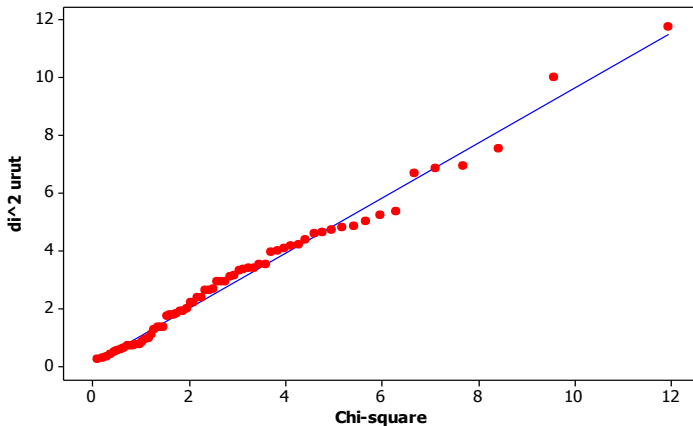
Pengujian independensi variabel ini digunakan taraf signifikan sebesar 5% dengan digunakan statistik uji  $\chi^2$  pada Persamaan (2.1) dan data pada Lampiran 1 maka diperoleh *Output* komputer ditunjukkan pada Lampiran 3. Nilai  $\chi^2$  yang diperoleh sebesar 8,353 lebih besar dari  $\chi^2_{0,05;3}$  yaitu sebesar 7,814 serta didapatkan *P-value* sebesar 0,039 lebih kecil dibandingkan dengan taraf signifikan sebesar 5%, sehingga diperoleh keputusan  $H_0$  ditolak.

Kesimpulan yang dapat diambil dari keputusan tersebut adalah hubungan antara variabel *Pellet Durability Index* ( $X_1$ ), Kandungan Protein ( $X_2$ ), dan Kandungan *Fat* ( $X_3$ ) saling dependen (berhubungan). Hal ini telah sesuai dengan fakta di lapangan bahwa ketiga variabel saling berhubungan, dimana jika kandungan protein semakin rendah maka akan menghasilkan asam piruvat semakin sedikit yang menyebabkan perubahan

kandungan lemak semakin rendah sehingga PDI semakin tinggi atau lebih keras, begitupun sebaliknya. Asumsi dependensi variabel yang telah terpenuhi dapat dilanjutkan ke asumsi berdistribusi normal multivariat.

## B. Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Fase I

Pemeriksaan distribusi normal multivariat akan dilakukan pada ketiga karakteristik kualitas, yakni Kandungan Protein, *Fat*, dan *Pellet Durability Index* untuk mengetahui apakah proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet berdistribusi normal multivariat atau tidak. Pemeriksaan distribusi normal multivariat dilakukan dengan melihat *Chi-square Plot* antara  $\mathbf{d}_i^2$  dengan  $\mathbf{q}_i = \chi^2_{(p;(n-j+0,5)/n)}$  yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** *Chi-square Plot* Data Proses Produksi Desember 2016

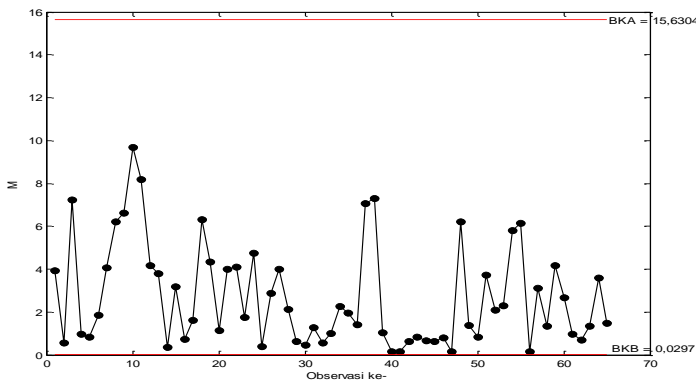
Gambar 4.1 menunjukkan bahwa secara visual bahwa *plotting* garis merah data mengikuti garis linier, sehingga disimpulkan data proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet Bulan Desember 2016 berdistribusi normal multivariat. Proporsi distribusi normal multivariat pada Lampiran 6 juga menunjukkan data berdistribusi normal multivariat dikarenakan proporsi yang

didapatkan sebesar 0,469 yang setara dengan 47% kurang dari 50%.

Kedua asumsi peta kendali multivariat yaitu independensi variabel dan distribusi normal multivariat telah terpenuhi, sehingga dapat dilanjutkan ke analisis selanjutnya yaitu membuat Peta Kendali M untuk mengukur variabilitas proses dan Peta Kendali  $T^2$  Hotelling Individu untuk mengukur mean proses.

#### 4.1.2 Analisis Peta Kendali M Fase I

Peta kendali M digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses data multivariat berdasarkan pengamatan individu yang menggunakan metode *successive difference*. Pengendalian proses terhadap variabilitas ini menggunakan data di Lampiran 1. Pengendalian proses dilakukan terlebih dahulu dengan melihat apakah variabilitasnya terkendali atau belum, lalu dilanjutkan dengan melihat *mean* prosesnya apabila variabilitasnya sudah terkendali. Cara menghitung statistik M diperoleh dari Persamaan (2.16) dengan menggunakan program *Syntax* pada Lampiran 8 sehingga diperoleh *Output* pada Lampiran 9. Hasil analisis pengendalian variabilitas proses produk pakan ternak ayam jenis pellet ditunjukkan di Gambar 4.2.

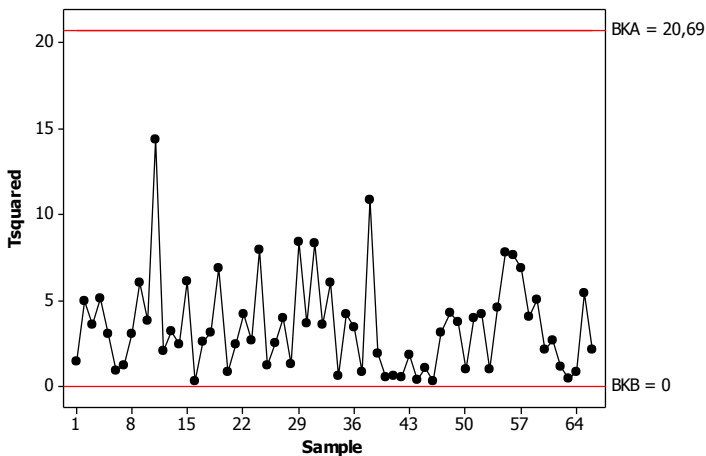


**Gambar 4.2** Peta Kendali M Proses Produksi Pellet Data Desember 2016

Gambar 4.2 menunjukkan secara visual bahwa variabilitas proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet tidak terdapat pengamatan yang keluar dari Batas Kendali Atas sebesar 15,6304 dan Batas Kendali Bawah sebesar 0,0297. Kesimpulan yang didapatkan yaitu bahwa variabilitas proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet telah terkendali secara statistik sehingga dapat dilanjutkan pada analisis selanjutnya yaitu memonitoring *mean* proses dengan Peta Kendali  $T^2$  Hotelling Individu.

#### 4.1.3 Analisis Peta Kendali $T^2$ Hotelling Individu Fase I

Pengendalian variabilitas proses yang telah terkendali berdasarkan pengamatan individu, maka dapat melanjutkan pengendalian terhadap *mean* proses menggunakan Peta Kendali  $T^2$  Hotelling Individu. Hasil pengendalian *mean* proses menggunakan diagram kontrol  $T^2$  Hotelling dapat dilihat pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Peta Kendali  $T^2$  Hotelling Individu Produksi Pellet Desember 2016

Gambar 4.3 merupakan Peta Kendali  $T^2$  Hotelling Individu yang didapatkan dengan cara menghitung statistik  $T^2$  Hotelling dari Persamaan (2.20) dan Batas Kendali Atas serta Batas Kendali Bawah yang ditunjukkan Persamaan (2.21) sehingga diperoleh



*Output* yang ditunjukkan pada Lampiran 14. Gambar 4.3 menunjukkan secara visual bahwa mean proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet tidak terdapat pengamatan yang keluar dari Batas Kendali Atas sebesar 20,69 dan Batas Kendali Bawah sebesar 0. Kesimpulan yang didapatkan yaitu bahwa mean proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet telah terkendali secara statistik.

Pengendalian kualitas fase I yang digunakan untuk memonitoring variabilitas proses dan *mean* proses dengan hasil telah terkendali, tidak perlu melanjutkan ke diagram Pareto dan diagram Ishikawa karena tidak terdapat data yang *out of control* pada peta kendali sehingga langsung dilanjutkan pada analisis kapabilitas proses secara multivariat.

#### **4.1.4 Kapabilitas Proses Multivariat Produksi Pellet Fase I**

Kapabilitas proses secara multivariat untuk mengukur kemampuan proses fase I pada bulan Desember 2016 didapatkan dari Persamaan (2.23) dengan menggunakan *Syntax* pada Lampiran 17. Kemampuan proses dikatakan tidak kapabel atau kemampuan proses buruk apabila nilai  $C_p$  kurang dari 1, sedangkan jika kemampuan proses sesuai apabila nilai  $C_p$  sama dengan 1, dan jika  $C_p$  lebih dari 1 maka kemampuan proses dikatakan sangat baik.

Hasil analisis indeks kapabilitas proses secara multivariat didapatkan nilai  $C_p$  sebesar 2,5042. Nilai  $C_p$  tersebut menunjukkan bahwa selama bulan Desember 2016 kemampuan proses hasil produksi pakan ternak ayam jenis pellet dapat dikatakan sangat baik karena nilai  $C_p$  yang lebih dari 1, namun masih perlu dipantau secara terus-menerus.

Pengendalian proses terhadap variabilitas dan mean proses pada fase I telah terkendali maka dilanjutkan ke fase II yaitu untuk mengendalikan proses produksi pada Bulan Januari 2017.

## 4.2 Analisis Pengendalian Kualitas Fase II

Analisis pengendalian kualitas fase II digunakan untuk mengetahui jika pengamatan pada fase I *out of control* dilakukan *improve* atau tidak, tetapi karena tidak dapat dilakukan *improve* pada proses produksi maka hanya ingin diketahui ada pergeseran proses atau tidak. Fase II pada penelitian ini menggunakan data proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet bulan Januari 2017 dengan pengamatan individu yang ditunjukkan di Lampiran 2. Data ini terdapat tiga jenis karakteristik kualitas (multivariat) sehingga peta kendali multivariat yang cocok untuk pengamatan individu adalah peta kendali M untuk memantau variabilitas proses dan peta  $T^2$  Hotelling individu untuk memantau *mean* proses, dengan asumsi dependensi variabel dan berdistribusi normal multivariat harus terpenuhi terlebih dahulu.

### 4.2.1 Analisis Asumsi Peta Kendali Multivariat Fase II

Peta kendali multivariat memerlukan beberapa asumsi yaitu dependensi antar variabel dan distribusi normal multivariat. Analisis proses produksi fase II pada penelitian ini digunakan data proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet pada bulan Januari 2017 pada Lampiran 2, dimana hasilnya ditunjukkan sebagai berikut.

#### A. Independensi Variabel Antar Karakteristik Kualitas Fase II

Pengujian independensi dilakukan untuk mengetahui hubungan dari ketiga variabel yang digunakan yaitu *Pellet Durability Index*, kandungan Protein, dan kandungan *Fat* apakah dependen atau tidak. Hipotesis dan hasil pengujian menggunakan metode *Bartlett Test* adalah sebagai berikut.

$H_0 : \mathbf{R} = \mathbf{I}$  (Hubungan antara variabel  $X_1$ ,  $X_2$ , dan  $X_3$  saling independen)

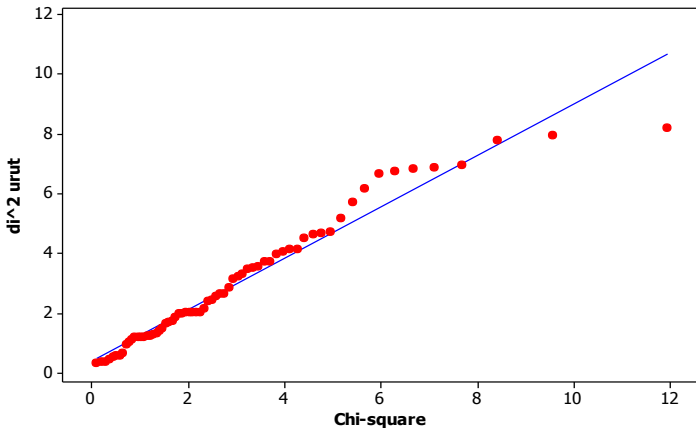
$H_1 : \mathbf{R} \neq \mathbf{I}$  (Hubungan antara variabel  $X_1$ ,  $X_2$ , dan  $X_3$  saling dependen)

Pengujian independensi variabel ini digunakan taraf signifikan sebesar 5% dengan digunakan statistik uji  $\chi^2$  pada Persamaan (2.1) dan data pada Lampiran 2 maka diperoleh *Output* komputer ditunjukkan pada Lampiran 4. Nilai  $\chi^2$  yang diperoleh sebesar 12,379 lebih besar dari  $\chi^2_{0,05;3}$  yaitu sebesar 7,814 serta didapatkan *P-value* sebesar 0,006 lebih kecil dibandingkan dengan taraf signifikan sebesar 5%, sehingga diperoleh keputusan  $H_0$  ditolak.

Kesimpulan yang dapat diambil dari keputusan tersebut adalah hubungan antara variabel *Pellet Durability Index* ( $X_1$ ), Kandungan Protein ( $X_2$ ), dan Kandungan *Fat* ( $X_3$ ) saling dependen (berhubungan). Hal ini telah sesuai dengan fakta dilapangan bahwa ketiga variabel saling berhubungan, dimana jika kandungan protein semakin rendah maka akan menghasilkan asam piruvat semakin sedikit yang menyebabkan perubahan kandungan lemak semakin rendah sehingga PDI semakin tinggi atau lebih keras, begitupun sebaliknya. Asumsi dependensi variabel yang telah terpenuhi dapat dilanjutkan ke asumsi selanjutnya yaitu berdistribusi normal multivariat.

## **B. Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Fase II**

Pemeriksaan distribusi normal multivariat akan dilakukan pada ketiga karakteristik kualitas, yakni Kandungan Protein, *Fat*, dan *Pellet Durability Index* pada pada untuk mengetahui apakah proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet berdistribusi normal multivariat atau tidak. Pemeriksaan distribusi normal multivariat dilakukan dengan melihat *Chi-square Plot* antara  $\mathbf{d}_i^2$  dengan  $\mathbf{q}_i = \chi^2_{(p;(n-j+0,5)/n)}$  yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.



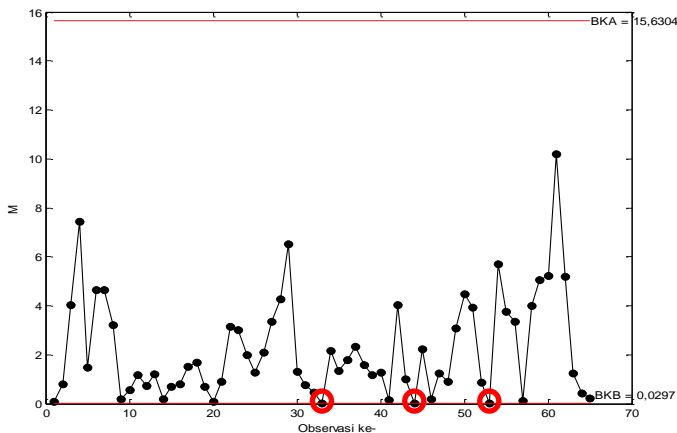
**Gambar 4.4** *Chi-square Plot* Data Proses Produksi Januari 2017

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa secara visual bahwa *plotting* garis merah mengikuti garis linier, sehingga disimpulkan data proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet berdistribusi normal multivariat. Proporsi distribusi normal multivariat pada Lampiran 7 juga menunjukkan data berdistribusi normal multivariat dikarenakan proporsi yang didapatkan sebesar 0,5 atau tepat 50%. Kedua asumsi peta kendali multivariat yaitu independensi variabel dan distribusi normal multivariat telah terpenuhi, sehingga dapat dilanjutkan ke analisis selanjutnya yaitu membuat Peta Kendali M untuk mengukur variabilitas proses dan Peta Kendali  $T^2$  Hotelling Individu untuk mengukur mean proses.

#### 4.2.2 Analisis Peta Kendali M Fase II

Peta kendali M digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses untuk data multivariat berdasarkan pengamatan individu. Pengendalian proses produksi terhadap variabilitas ini menggunakan data di Lampiran 2. Cara menghitung statistik M diperoleh dari Persamaan (2.16) dengan menggunakan program *Syntax* pada Lampiran 8 sehingga diperoleh *Output* pada Lampiran 10. Pengendalian proses dilakukan terlebih dahulu

dengan melihat apakah variabilitasnya terkendali atau belum, jika telah terkendali maka dilanjutkan dengan melihat *mean* prosesnya. Batas kendali yang digunakan pada fase II masih tetap menggunakan Batas kendali pada fase I untuk mengplot pengamatan data fase II, sehingga jika hasilnya pengamatan *out of control* atau pengamatan *in control* tetapi secara visual plot pengamatan lebih rendah dari fase I maka dilakukan analisis MANOVA untuk melihat adanya pergeseran prosesnya. Hasil analisis pengendalian variabilitas proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet ditunjukkan pada Gambar 4.5.



**Gambar 4.5** PetaKendali M Proses Produksi Pellet Data Awal (Januari 2017)

Gambar 4.5 dapat menunjukkan secara visual bahwa variabilitas proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet memiliki Batas Kendali Atas sebesar 15,6304 dan Batas Kendali Bawah sebesar 0,0297, dimana terdapat pengamatan yang keluar dari Batas Kendali Bawah yaitu pada observasi ke-33, ke-44, dan ke-53. Ketiga pengamatan tersebut keluar dari Batas Kendali Bawah karena produk pellet pada tanggal 18, 20, dan 24 Januari 2017 tersebut proses turunnya pellet dari *cooler* terlalu cepat yang menyebabkan suhu pellet sedikit lebih panas, sehingga setelah diketahui penyebab pengamatan yang keluar dari batas kendali

bawah maka pengamatan tersebut dilakukan perbaikan dengan cara dihilangkan karena peneliti tidak bisa memperbaiki secara langsung pada proses produksi pellet tersebut.

Kesimpulan yang didapatkan yaitu menunjukkan pada Peta Kendali M fase II memiliki masalah dibandingkan dengan fase I pada proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet yaitu dengan adanya pengamatan yang keluar dari batas kendali bawah pada observasi ke-33, ke-42, dan ke-47 sehingga perlu dilakukan perbaikan dan peninjauan kembali pada. Fase II menunjukkan ada pengamatan yang *out of control* sehingga juga disimpulkan terdapat pergeseran proses atau bersifat tidak bagus bagi proses produksi, dimana pergeseran proses tersebut belum diketahui signifikan atau tidak sehingga digunakan Analisis MANOVA.

Analisis MANOVA ini dapat menunjukkan adanya pergeseran proses yang juga mengindikasikan terdapat perbedaan antara fase I dan fase II pada proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet. Sebelum menggunakan analisis MANOVA ini terdapat asumsi yang harus dipenuhi terlebih dahulu yaitu uji homogenitas matriks varians kovariansnya.

$H_0 : \Sigma_1 = \Sigma_2$  (matriks varians kovarians fase 1 dan fase 2 homogen)

$H_1$  : minimal ada satu matriks varians kovarians fase I dan fase II yang tidak homogen

Pengujian homogenitas varians kovarians ini menggunakan taraf signifikan sebesar 5% dengan digunakan statistik uji C pada Persamaan (2.6) dan data pada Lampiran 1 dan 2 yang telah digabung sehingga diperoleh *Output* komputer ditunjukkan pada Lampiran 12. Nilai C yang diperoleh sebesar 13,810 lebih besar dari  $\chi^2_{0,05;6}$  yaitu sebesar 12,592 serta didapatkan *P-value* sebesar 0,036 lebih kecil dibandingkan dengan taraf signifikan sebesar 5%, sehingga diperoleh keputusan  $H_0$  ditolak.

Kesimpulan yang dapat diambil dari keputusan tersebut adalah matriks varians kovarians fase I dan fase II tidak homogen. Asumsi matriks varians kovarians yang belum terpenuhi maka

untuk mengetahui perbedaan fase I dan fase II digunakan uji *Behrens-Fisher*.

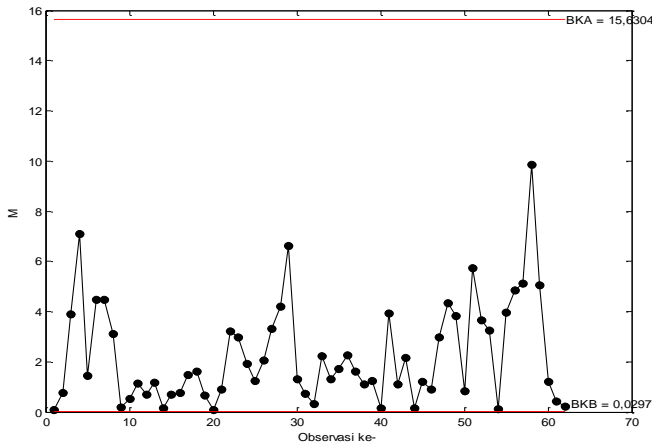
Uji *Behrens-Fisher* ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antar fase 1 dan fase 2 dalam proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet dimana asumsi homogenitas matriks varians kovarians tidak terpenuhi. Hasil analisis ditunjukkan sebagai berikut:

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$  (Tidak terdapat perbedaan antara rata-rata fase 1 dan rata-rata fase 2 pada proses produksi pellet)

$H_1 : \text{minimal ada satu } \mu_i \neq 0$  (minimal ada satu rata-rata fase yang memberikan perbedaan pada proses produksi pellet)

Pengujian perbedaan Fase 1 dan Fase II dengan Uji *Behrens-Fisher* ini menggunakan taraf signifikan sebesar 5% dengan digunakan statistik uji  $T^2$  pada Persamaan (2.12) dan data pada Lampiran 1 dan 2 sehingga diperoleh *Output* komputer ditunjukkan pada Lampiran 13. Nilai  $T^2$  yang diperoleh sebesar 57,6433 lebih besar dari  $\chi^2_{0,05;3}$  yaitu sebesar 7,814 sehingga diperoleh keputusan  $H_0$  ditolak.

Kesimpulan yang dapat diambil dari keputusan tersebut adalah terdapat perbedaan fase I dan fase II pada proses produksi pellet, sehingga batas kendali yang digunakan untuk fase II harus berubah tetapi karena rumus perhitungan batas kendali fase I dan fase II sama maka batas kendali yang digunakan tetap sama. Dikarenakan batas kendali tetap sama maka pengamatan yang *out of control* pada fase II hanya perlu dilakukan perbaikan dan peninjauan kembali pada peta kendali yang dapat dilihat pada Gambar 4.6.



**Gambar 4.6** Peta Kendali M Produksi Pellet Perbaikan ke-1 (Januari 2017)

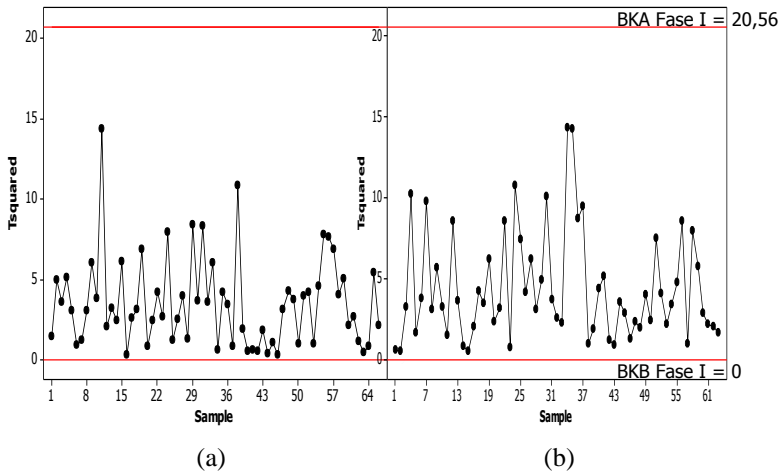
Gambar 4.6 merupakan Peta Kendali M yang telah dilakukan perbaikan sebanyak 1 kali, dengan cara menghitung statistik M yang sama dari Persamaan (2.16) dari program *Syntax* di Lampiran 8 sehingga diperoleh *Output* pada Lampiran 11. Gambar 4.6 menunjukkan secara visual bahwa variabilitas proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet tidak terdapat pengamatan yang keluar dari Batas Kendali Atas sebesar 15,6304 dan Batas Kendali Bawah sebesar 0,0297. Kesimpulan yang didapatkan yaitu bahwa variabilitas proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet telah terkendali secara statistik sehingga dapat dilanjutkan pada analisis selanjutnya yaitu memonitoring *mean* proses dengan Peta Kendali  $T^2$  Hotelling Individu.

#### 4.2.3 Analisis Peta Kendali $T^2$ Hotelling Individu Fase II

Pengendalian variabilitas proses yang telah terkendali berdasarkan pengamatan individu dapat dilanjutkan pengendalian terhadap *mean* proses menggunakan Peta Kendali  $T^2$  Hotelling Individu. Batas Kendali yang digunakan pada fase II masih tetap menggunakan Batas Kendali pada fase I untuk mengplot pengamatan data fase II, sehingga jika hasilnya pengamatan *out*



of control atau pengamatan *in control* tetapi secara visual plot pengamatan lebih rendah dari fase I maka dilakukan analisis MANOVA untuk melihat adanya pergeseran prosesnya. Hasil pengendalian *mean* proses produksi dengan Peta Kendali  $T^2$  Hotelling Individu dapat dilihat pada Gambar 4.7.



**Gambar 4.7** Peta Kendali  $T^2$  Hotelling Individu (a) Fase I, (b) Fase II

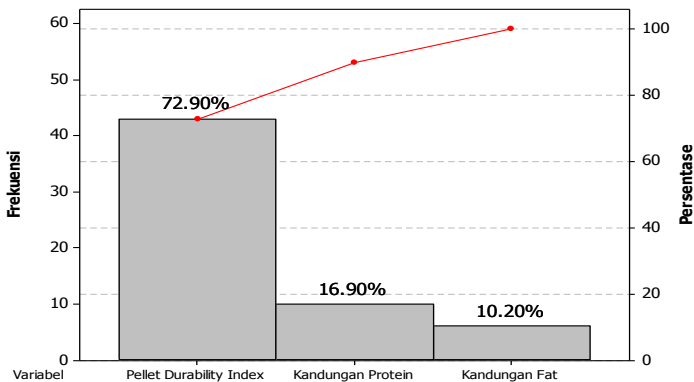
Gambar 4.7(b) merupakan Peta Kendali  $T^2$  Hotelling Individu fase yang didapatkan dengan cara menghitung statistik  $T^2$  Hotelling dari Persamaan (2.20) dan Batas Kendali Atas serta Batas Kendali Bawah fase I yang ditunjukkan Persamaan (2.21), sehingga didapatkan *Output* pada Lampiran 15. Gambar 4.7(a) dan Gambar 4.7(b) menunjukkan secara visual bahwa mean proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet memiliki fluktuasi plot-plot pengamatan yang stabil serta tidak terdapat pengamatan yang keluar dari Batas Kendali Atas sebesar 16,61 dan Batas Kendali Bawah sebesar 0.

Kesimpulan yang didapatkan yaitu plot pengamatan antara fase I dan fase II menunjukkan fluktuasi yang stabil, oleh karena itu disimpulkan bahwa tidak terjadi pergeseran proses produksi sehingga tidak perlu dilakukan analisis MANOVA. Mean proses

produksi pakan ternak ayam jenis pellet pada fase II telah terkendali secara statistik karena tidak ada pengamatan yang keluar dari batas kendali atas maupun batas kendali bawah sehingga dapat dilanjutkan pada analisis selanjutnya yaitu membuat diagram *Pareto* untuk mengetahui penyebab ketidaksesuaian terbesar dan menganalisis kapabilitas proses pada pakan ternak ayam jenis pellet tersebut.

#### 4.2.4 Diagram *Pareto* Proses Produksi Pellet Fase II

Diagram *Pareto* digunakan untuk mengetahui penyebab masalah yang dominan atau paling tinggi dari variabel yang menyebabkan proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet mayoritas produknya keluar dari batas spesifikasi. Hasil dari diagram *Pareto* dapat ditunjukkan pada Gambar 4.8 dengan menggunakan data pada Lampiran 16.



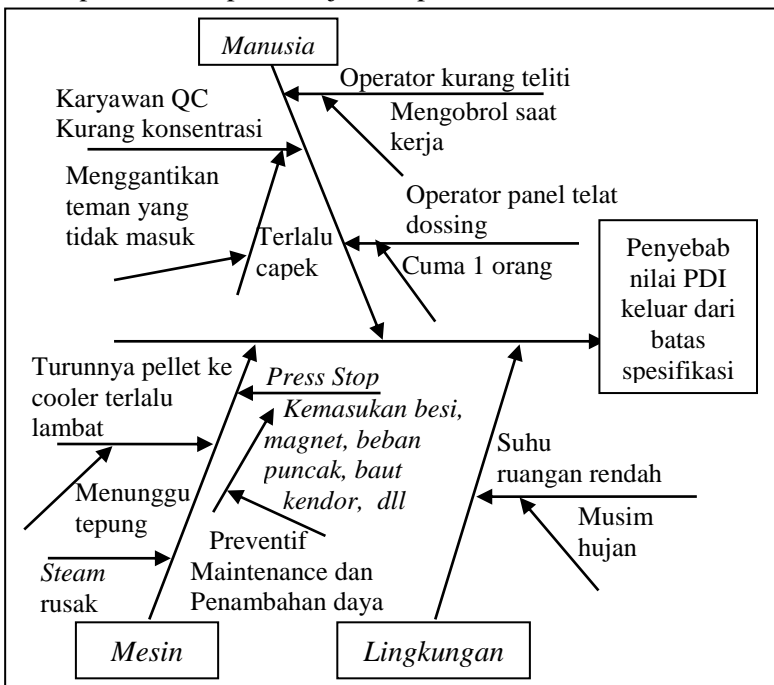
**Gambar 4.8** Diagram *Pareto* Proses Produksi

Gambar 4.8 menunjukkan pada sumbu X yaitu variabel penyebab ketidaksesuaian produk terhadap batas spesifikasi dan sumbu Y menunjukkan banyaknya penyebab yang paling sering muncul selama produksi Januari 2017. Variabel karakteristik kualitas yang menempati posisi utama adalah *Pellet Durability Index* (PDI) yang mayoritas produknya lebih tinggi dari batas spesifikasi dengan persentase sebesar 72,9%. Variabel

karakteristik kualitas yang menempati posisi berikutnya adalah variabel kandungan protein sebesar 16,9% dan kandungan *Fat* sebesar 10,2%, oleh karena itu berdasarkan diagram *Pareto* dapat disimpulkan bahwa variabel penyebab ketidaksesuaian terhadap batas spesifikasi paling sering muncul disebabkan dari PDI.

#### 4.2.5 Diagram Ishikawa Proses Produksi Pellet Fase II

Diagram *Ishikawa* digunakan untuk menjelaskan faktor-faktor penyebab produk keluar dari batas spesifikasi dan tidak terkendalinya proses yang digambarkan dalam bentuk diagram tulang ikan dan biasa juga disebut sebagai diagram *Ishikawa*. Hasil penjelasan dari penyebab tidak terkendalinya proses berdasarkan Lampiran 2, dimana penyebab produk keluar dari batas spesifikasi dapat ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Diagram Ishikawa Proses Produksi

Gambar 4.9 menjelaskan tentang faktor-faktor penyebab *Pellet Durabilty Index* keluar dari batas spesifikasi yang disebabkan oleh faktor manusia, mesin, dan lingkungan. Operator perlu istirahat jika target sudah tercapai karena kalau kapasitas produksinya masih belum sesuai target kemudian mengobrol saat kerja maka susah untuk konsentrasi dan tidak teliti sehingga manajer produksi perlu memperhatikan kinerja operator yang mengobrol saat kerja dan mengganti operator yang tidak masuk diganti dengan operator baru, bukan malah melanjutkan operator yang *shift* sebelumnya. Kerusakan mesin yang tiba-tiba atau tidak terduga dapat menyebabkan proses produksi berhenti sehingga perlu dilakukan *preventif maintenance* setiap beberapa jam sekali. Suhu ruangan yang rendah karena sering musim hujan saat sore menyebabkan suhu *cooler* lebih dingin dan adanya beban listrik yang berlebihan dapat menyebabkan proses produksi berhenti.

#### **4.2.6 Kapabilitas Proses Multivariat Produksi Pellet Fase II**

Pengendalian kualitas fase II pada data proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet Bulan Januari 2017 yang digunakan untuk memonitoring variabilitas proses dan *mean* proses dengan hasil telah terkendali dapat dilanjutkan pada analisis kapabilitas proses secara multivariat yang ditunjukkan pada Persamaan (2.23) dengan menggunakan *Syntax* pada Lampiran 17. Kemampuan proses dikatakan tidak kapabel atau kemampuan proses buruk apabila nilai  $C_p$  kurang dari 1, sedangkan jika kemampuan proses sesuai apabila nilai  $C_p$  sama dengan 1, dan jika  $C_p$  lebih dari 1 maka kemampuan proses dikatakan sangat baik.

Hasil analisis indeks kapabilitas proses secara multivariat didapatkan nilai  $C_p$  sebesar 3,03311. Nilai  $C_p$  tersebut menunjukkan bahwa selama bulan Januari 2017 kemampuan proses hasil produksi pakan ternak ayam jenis pellet dikatakan sangat baik karena nilai  $C_p$  yang lebih dari 1, namun masih perlu dipantau secara terus-menerus pada sistem kerja masing-masing

variabel kualitas yaitu kandungan protein, *fat*, dan *Pellet Durability Index*.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada Bab IV dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Kemampuan proses produksi pakan ternak ayam jenis pellet selama bulan Desember 2016 menunjukkan nilai Cp sebesar 2,5042 dan bulan Januari 2017 menunjukkan nilai Cp sebesar 3,03311 sehingga prosesnya dikatakan kapabel.
2. Ketidaksesuaian yang sering terjadi di nilai *Pellet Durability Index* (PDI) disebabkan karena mesin tidak selalu berjalan konstan atau berhenti, musim hujan yang membuat suhu ruangan menurun, dan kesalahan manusia (SDM).

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan kesimpulan diatas maka saran yang diperlukan untuk PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. adalah sebagai berikut.

1. PT. Japfa Comfeed Indonesia perlu melakukan pengawasan terhadap nilai PDI, terutama jika ada *press* yang berhenti atau rusak karena jika dilakukan *preventif maintenance* atau pengecekan mesin secara terus-menerus selama beberapa jam maka dapat meminimalisir ketidaksesuaian produk serta diperlukannya tambahan daya yang optimum sesuai dengan kebutuhan produksi karena selama ini saat proses produksi kadang-kadang terjadi beban puncak listrik sehingga menyebabkan listrik mati.
2. PT. Japfa Comfeed Indonesia memerlukan tambahan pengawas yang bertanggung jawab pada keseluruhan operator sehingga kinerja dari setiap operator dapat maksimal dalam melakukan tugasnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## DAFTAR PUSTAKA

- Heizer, J., Render, B., and Munson, C. 2017. *Operations Management Sustainability and Supply Chain Management*. Edisi ke-12. Boston: Pearson Education, Inc.
- Hermawan, Jatniko. 2014. *Tugas Akhir Pengendalian Kualitas Produksi Pakan Ayam Pedaging Fase Starter di PT. Sierad Produce TBK*. Sidoarjo: Institut Teknolgi Sepuluh Nopember.
- Johnson, R. A., & Wichern, D. 2007. *Applied Multivariat Statistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2016. *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan.
- Khoo, M. B., & Quah, S. H. 2003. *Multivariate Control Chart For Process Dispersion Based On Individual Observatons* (Vol. 15). Penang, Malaysia: University Sains Malaysia.
- Kotz, S., & Johnson, N. L. 1993. *Process Capability Indices*. United Kingdom: Springer-Science+Business Media, B.V.
- Montgomery, D. C. 2013. *Introduction To Statistical Quality Control*. Edisi 7. Arizona State University: Wiley.
- Novitasari, Devi. 2016. *Tugas Akhir Pengendalian Kualitas Produk Pakan Ternak di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Gedangan*. Sidoarjo: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. 2015. *Poultry*. Diakses pada tanggal 1 Januari 2017, yang berasal dari website Poultry Feed: <https://www.japfacomfeed.co.id/id/product-and-services/poultry/poultryf-feed?page=1>
- Rencher, Alvin C. 2002. *Methods Of Multivariate Analysis*. Canada: Wiley Interscience, page 265.
- Yuldasani, N., & Aulia, Z. A. 2016. Laporan Kerja Praktek di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. *Kerja Praktek*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, page: 43.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Data Proses Produksi Pakan Ternak Ayam Jenis Pellet Desember Tahun 2016 sebagai Fase I

| No | Batch    | PDI | Protein | Fat  |
|----|----------|-----|---------|------|
| 1  | 20161201 | 94  | 19,58   | 6,15 |
| 2  | 20161201 | 95  | 20,42   | 5,95 |
| 3  | 20161201 | 93  | 20,37   | 5,95 |
| 4  | 20161201 | 95  | 19,25   | 6,28 |
| 5  | 20161201 | 97  | 19,5    | 6,18 |
| 6  | 20161201 | 96  | 19,86   | 6,07 |
| 7  | 20161202 | 93  | 20      | 5,86 |
| 8  | 20161202 | 95  | 19,73   | 6,34 |
| 9  | 20161205 | 91  | 19,7    | 5,86 |
| 10 | 20161205 | 95  | 19,65   | 6,38 |
| 11 | 20161205 | 88  | 19,94   | 5,92 |
| 12 | 20161205 | 95  | 19,99   | 6,21 |
| 13 | 20161205 | 96  | 19,58   | 5,88 |
| 14 | 20161206 | 92  | 19,84   | 6,07 |
| 15 | 20161206 | 91  | 19,73   | 6,18 |
| 16 | 20161206 | 95  | 19,84   | 5,96 |
| 17 | 20161206 | 97  | 19,91   | 6,04 |
| 18 | 20161207 | 96  | 19,55   | 5,9  |
| 19 | 20161207 | 91  | 19,71   | 6,23 |
| 20 | 20161207 | 96  | 19,83   | 6,03 |
| 21 | 20161207 | 95  | 19,59   | 5,88 |
| 22 | 20161207 | 92  | 19,73   | 6,22 |
| 23 | 20161207 | 95  | 19,57   | 5,88 |
| 24 | 20161208 | 97  | 19,91   | 5,65 |
| 25 | 20161208 | 96  | 19,76   | 6,17 |
| 26 | 20161208 | 97  | 19,89   | 6,06 |
| 27 | 20161208 | 95  | 19,97   | 5,68 |
| 28 | 20161208 | 96  | 19,81   | 6,17 |

**Lampiran 1. Lanjutan**

| No. | Batch    | PDI | Protein | Fat  |
|-----|----------|-----|---------|------|
| 29  | 20161209 | 97  | 20,41   | 5,99 |
| 30  | 20161209 | 96  | 20,23   | 5,89 |
| 31  | 20161209 | 97  | 20,41   | 5,95 |
| 32  | 20161209 | 94  | 20,37   | 5,97 |
| 33  | 20161213 | 96  | 20,4    | 5,97 |
| 34  | 20161213 | 95  | 20      | 6,04 |
| 35  | 20161213 | 91  | 19,97   | 6,03 |
| 36  | 20161213 | 93  | 19,48   | 6,04 |
| 37  | 20161213 | 93  | 19,98   | 6,01 |
| 38  | 20161213 | 96  | 18,93   | 6,32 |
| 39  | 20161214 | 93  | 20,01   | 6,14 |
| 40  | 20161214 | 95  | 19,73   | 6,14 |
| 41  | 20161214 | 94  | 19,77   | 6,14 |
| 42  | 20161214 | 95  | 19,75   | 6,15 |
| 43  | 20161214 | 93  | 19,66   | 6,13 |
| 44  | 20161215 | 94  | 20,01   | 6,02 |
| 45  | 20161215 | 96  | 19,9    | 6    |
| 46  | 20161215 | 94  | 19,98   | 6,03 |
| 47  | 20161215 | 94  | 20,35   | 5,89 |
| 48  | 20161215 | 95  | 20,38   | 5,87 |
| 49  | 20161215 | 96  | 19,39   | 6,3  |
| 50  | 20161215 | 96  | 19,85   | 6,09 |
| 51  | 20161216 | 96  | 20,24   | 6,05 |
| 52  | 20161216 | 95  | 20      | 5,67 |
| 53  | 20161216 | 96  | 19,89   | 6,02 |
| 54  | 20161216 | 95  | 20,03   | 5,65 |
| 55  | 20161216 | 96  | 19,1    | 6,09 |
| 56  | 20161219 | 92  | 19,76   | 5,63 |
| 57  | 20161219 | 93  | 19,68   | 5,65 |
| 58  | 20161220 | 91  | 19,91   | 5,95 |
| 59  | 20161220 | 92  | 19,79   | 5,73 |

**Lampiran 1. Lanjutan**

| No. | Batch    | PDI | Protein | Fat  |
|-----|----------|-----|---------|------|
| 60  | 20161221 | 93  | 19,81   | 6,2  |
| 61  | 20161221 | 96  | 19,42   | 6,1  |
| 62  | 20161222 | 96  | 19,83   | 5,95 |
| 63  | 20161222 | 95  | 19,75   | 6,13 |
| 64  | 20161222 | 94  | 19,94   | 5,85 |
| 65  | 20161223 | 93  | 20,33   | 6,15 |
| 66  | 20161221 | 93  | 19,81   | 6,2  |

**Lampiran 2. Data Proses Produksi Pakan Ternak Ayam Jenis Pellet Januari Tahun 2017 sebagai Fase II**

| No. | Batch    | PDI | Protein | Fat  | Keterangan             |
|-----|----------|-----|---------|------|------------------------|
| 1   | 20170103 | 94  | 20,21   | 6,1  | Ganti baut+Vett roll   |
| 2   | 20170103 | 94  | 20,08   | 6,09 |                        |
| 3   | 20170103 | 94  | 19,71   | 6,08 |                        |
| 4   | 20170103 | 89  | 19,97   | 6,21 |                        |
| 5   | 20170104 | 95  | 20,09   | 6,14 | Menunggu Tepung        |
| 6   | 20170104 | 94  | 19,73   | 6,02 |                        |
| 7   | 20170104 | 89  | 20,29   | 5,96 | Die Kemasukan Besi     |
| 8   | 20170104 | 94  | 19,76   | 6,04 |                        |
| 9   | 20170104 | 90  | 20,31   | 5,99 | Menunggu Tepung        |
| 10  | 20170104 | 91  | 20,32   | 5,98 |                        |
| 11  | 20170105 | 92  | 20,04   | 6,06 | Menunggu Tepung        |
| 12  | 20170105 | 90  | 19,98   | 5,95 |                        |
| 13  | 20170105 | 92  | 19,94   | 5,96 | Lumasi vett roll       |
| 14  | 20170105 | 94  | 20,01   | 6,07 | Pancing die + Bin Full |
| 15  | 20170105 | 93  | 20,07   | 6,06 |                        |
| 16  | 20170111 | 95  | 20,01   | 6,07 | Beban puncak           |
| 17  | 20170111 | 95  | 19,65   | 6,13 |                        |
| 18  | 20170112 | 94  | 20      | 5,89 |                        |

**Lampiran 2. Lanjutan**

| No. | Batch    | PDI | Protein | Fat  | Keterangan                            |
|-----|----------|-----|---------|------|---------------------------------------|
| 19  | 20170112 | 96  | 20,27   | 5,93 |                                       |
| 20  | 20170112 | 95  | 20,05   | 6,02 |                                       |
| 21  | 20170113 | 95  | 20,1    | 5,95 | Melumasi baut                         |
| 22  | 20170113 | 95  | 19,75   | 5,83 |                                       |
| 23  | 20170113 | 93  | 20,02   | 6,3  |                                       |
| 24  | 20170113 | 94  | 19,32   | 6,08 |                                       |
| 25  | 20170116 | 96  | 19,49   | 6,28 | Steam rusak                           |
| 26  | 20170116 | 96  | 19,96   | 6,26 |                                       |
| 27  | 20170116 | 95  | 19,6    | 6,03 |                                       |
| 28  | 20170117 | 91  | 20,12   | 6,3  | Beban puncak                          |
| 29  | 20170117 | 92  | 20,54   | 5,82 |                                       |
| 30  | 20170117 | 91  | 20,47   | 6,53 |                                       |
| 31  | 20170117 | 91  | 20,08   | 6,35 |                                       |
| 32  | 20170117 | 92  | 20,34   | 6,32 |                                       |
| 33  | 20170118 | 92  | 20,48   | 6,16 | Pellet turun ke cooler terlalu cepat  |
| 34  | 20170118 | 92  | 20,47   | 6,19 |                                       |
| 35  | 20170118 | 91  | 20,58   | 6,6  | Pancing die + Bin Full                |
| 36  | 20170118 | 89  | 20,63   | 6,42 |                                       |
| 37  | 20170118 | 92  | 20,66   | 6,41 | Pisau dipertajam                      |
| 38  | 20170118 | 92  | 20,13   | 6,65 |                                       |
| 39  | 20170119 | 93  | 19,94   | 6,31 | Pellet turun ke cooler terlalu lambat |
| 40  | 20170119 | 94  | 20,29   | 6,28 | Bin Full                              |
| 41  | 20170119 | 93  | 20,68   | 6,1  |                                       |
| 42  | 20170119 | 92  | 20,73   | 6,1  | Die kemasukan besi                    |
| 43  | 20170119 | 93  | 19,92   | 6,32 |                                       |
| 44  | 20170120 | 93  | 20,07   | 6,06 | Pellet turun ke cooler terlalu cepat  |
| 45  | 20170120 | 93  | 20,03   | 6,04 |                                       |
| 46  | 20170120 | 94  | 20,56   | 6,06 |                                       |
| 47  | 20170120 | 93  | 20,58   | 6,08 | Ganti baut                            |
| 48  | 20170120 | 94  | 20,22   | 6,27 |                                       |
| 49  | 20170123 | 94  | 20,46   | 6,06 | Die Pecah                             |

**Lampiran 2. Lanjutan**

| No. | Batch    | PDI | Protein | Fat  | Keterangan                           |
|-----|----------|-----|---------|------|--------------------------------------|
| 50  | 20170123 | 93  | 20      | 6,4  |                                      |
| 51  | 20170123 | 93  | 20,66   | 6,01 | Perbaikan steam                      |
| 52  | 20170123 | 94  | 20,07   | 6,4  |                                      |
| 53  | 20170124 | 92  | 20,34   | 6,54 | Pellet turun ke cooler terlalu cepat |
| 54  | 20170124 | 92  | 20,3    | 6,55 |                                      |
| 55  | 20170124 | 91  | 20,18   | 5,94 |                                      |
| 56  | 20170124 | 94  | 19,72   | 6,26 |                                      |
| 57  | 20170124 | 95  | 20,26   | 5,95 |                                      |
| 58  | 20170125 | 95  | 20,24   | 5,86 | Menunggu Tepung                      |
| 59  | 20170127 | 97  | 20,09   | 6,32 | Menunggu Tepung                      |
| 60  | 20170130 | 92  | 20,31   | 6,16 |                                      |
| 61  | 20170130 | 93  | 19,59   | 6,59 | Suhu ruangan rendah                  |
| 62  | 20170130 | 94  | 20,68   | 6,14 |                                      |
| 63  | 20170131 | 93  | 19,85   | 6    |                                      |
| 64  | 20170131 | 94  | 19,72   | 6,26 |                                      |
| 65  | 20170131 | 95  | 19,86   | 6,19 | Bin Full                             |
| 66  | 20170131 | 95  | 20,06   | 6,18 |                                      |

**Lampiran 3. Output Independensi Variabel Fase I Periode Bulan Desember 2016****KMO and Bartlett's Test**

|  |                    |       |
|--|--------------------|-------|
| Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy. |                    | .504  |
| Bartlett's Test of Sphericity                    | Approx. Chi-Square | 8.353 |
|  | df                 | 3     |
|  | Sig.               | .039  |

**Lampiran 4.** *Output* Independensi Variabel Fase II Periode  
Bulan Januari 2017

**KMO and Bartlett's Test**

|  |                    |        |
|--|--------------------|--------|
| Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy, |                    | ,514   |
| Bartlett's Test of Sphericity                    | Approx, Chi-Square | 12,379 |
|  | df                 | 3      |
|  | Sig,               | ,006   |

**Lampiran 5.** Program *Syntax* Pemeriksaan Distribusi Normal  
Multivariat

```

multinom.test<-function(X){
#####
#input X adalah matrix berukuran n x p
#####

X<-as.data.frame(X)
mu<-colMeans(X)
S<-cov(X)
invS<-solve(S)
d<-matrix(rep(0,nrow(X)),nrow(X),1)
eval<-matrix(rep(0,nrow(X)),nrow(X),1)
q<-qchisq(0.5,ncol(X)) #menghitung titik kritis
#menghitung jarak dan mengevaluasinya terhadap titik kritis
for (i in 1:nrow(X)){
d[i]<-as.numeric(t(X[i,]-mu))%*(invS)%*as.numeric(X[i,]-mu)
ifelse(d[i]<=q,eval[i]<-1,eval[i]<-0)
}
#menghitung propporsi jarak yang memenuhi kriteria pengujian
prop<-sum(eval)/nrow(X)
result<-list(distance=d,chisquared=q,proportion=prop)
return(result)
}

```

**Lampiran 6.** *Output* Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat  
Fase I

\$chisquared  
[1] 2.365974

\$proportion  
[1] 0.469697

| Sampel ke- | $d_i^2$ |
|------------|---------|
| 1          | 1,0868  |
| 2          | 3,5282  |
| 3          | 3,3572  |
| 4          | 4,6086  |
| 5          | 3,3022  |
| 6          | 0,7527  |
| 7          | 1,3385  |
| 8          | 3,3791  |
| 9          | 4,7080  |
| 10         | 4,1912  |
| 11         | 11,7317 |
| 12         | 1,9638  |
| 13         | 2,9273  |
| 14         | 1,8026  |
| 15         | 4,3710  |
| 16         | 0,2451  |
| 17         | 1,8929  |
| 18         | 2,9067  |
| 19         | 5,0254  |
| 20         | 0,6855  |
| 21         | 2,2008  |
| 22         | 3,1487  |
| 23         | 2,3726  |
| 24         | 6,9132  |

| Sampel ke- | $d_i^2$ |
|------------|---------|
| 25         | 1,3247  |
| 26         | 1,9007  |
| 27         | 3,9571  |
| 28         | 1,3508  |
| 29         | 5,3683  |
| 30         | 2,3560  |
| 31         | 5,2290  |
| 32         | 2,9293  |
| 33         | 3,9735  |
| 34         | 0,3940  |
| 35         | 3,5083  |
| 36         | 2,1919  |
| 37         | 0,7457  |
| 38         | 10,0020 |
| 39         | 1,7273  |
| 40         | 0,5626  |
| 41         | 0,5433  |
| 42         | 0,6168  |
| 43         | 1,2359  |
| 44         | 0,3400  |
| 45         | 0,7215  |
| 46         | 0,2636  |
| 47         | 2,6395  |
| 48         | 3,0953  |



**Lampiran 6.** Lanjutan

| Sampel ke- | $d_i^2$ | Sampel ke- | $d_i^2$ |
|------------|---------|------------|---------|
| 49         | 4,08651 | 58         | 3,38983 |
| 50         | 0,82069 | 59         | 4,79893 |
| 51         | 2,65030 | 60         | 1,77439 |
| 52         | 4,13555 | 61         | 2,62279 |
| 53         | 0,69951 | 62         | 0,93206 |
| 54         | 4,57696 | 63         | 0,47536 |
| 55         | 6,85699 | 64         | 0,95194 |
| 56         | 7,50975 | 65         | 4,84949 |
| 57         | 6,67777 | 66         | 1,77439 |

**Lampiran 7.** *Output* Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat  
Fase II

|                              |
|------------------------------|
| \$chisquared<br>[1] 2.365974 |
| \$proportion<br>[1] 0.5      |

| Sampel ke- | $d_i^2$ | Sampel ke- | $d_i^2$ |
|------------|---------|------------|---------|
| 1          | 0,50318 | 12         | 6,81082 |
| 2          | 0,31200 | 13         | 2,63203 |
| 3          | 1,85381 | 14         | 0,42359 |
| 4          | 7,78532 | 15         | 0,35611 |
| 5          | 1,20549 | 16         | 1,17652 |
| 6          | 1,99647 | 17         | 2,53895 |
| 7          | 7,92019 | 18         | 1,99997 |
| 8          | 1,64724 | 19         | 4,63948 |
| 9          | 4,68954 | 20         | 1,40034 |
| 10         | 2,85651 | 21         | 1,98206 |
| 11         | 1,17384 | 22         | 4,12133 |

**Lampiran 7.** Lanjutan

| Sampel ke- | $d_i^2$ | Sampel ke- | $d_i^2$ |
|------------|---------|------------|---------|
| 23         | 0,65202 | 45         | 0,56364 |
| 24         | 6,84938 | 46         | 3,13835 |
| 25         | 5,71685 | 47         | 2,39800 |
| 26         | 3,31559 | 48         | 0,93060 |
| 27         | 3,20763 | 49         | 2,13571 |
| 28         | 1,95739 | 50         | 1,68940 |
| 29         | 5,17949 | 51         | 3,70337 |
| 30         | 4,65847 | 52         | 1,99756 |
| 31         | 2,42406 | 53         | 3,95164 |
| 32         | 1,09138 | 54         | 4,03392 |
| 33         | 1,27070 | 55         | 3,48949 |
| 34         | 1,19521 | 56         | 2,00409 |
| 35         | 6,63615 | 57         | 2,61961 |
| 36         | 6,75444 | 58         | 3,52901 |
| 37         | 4,12277 | 59         | 6,93468 |
| 38         | 6,17467 | 60         | 0,54649 |
| 39         | 1,01503 | 61         | 8,18137 |
| 40         | 1,30084 | 62         | 4,48630 |
| 41         | 3,44435 | 63         | 1,71425 |
| 42         | 3,70629 | 64         | 2,00409 |
| 43         | 1,18914 | 65         | 1,46551 |
| 44         | 0,35611 | 66         | 1,24020 |

**Lampiran 8** Program *Syntax* Peta Kendali M

```
%Program Peta Kendali M
data= load ('namadata.txt')
alpha= nilai alfa yang ingin dimasukkan
[m,p]=size(data)
```

**Lampiran 8. Lanjutan**

```

%Menghitung Matriks Kovarian
S=cov(data)
%Menghitung Successive Difference
n=m-1
for i=1:n
    for j=1:p
        k=i+1
        V(i,j)=data(k,j)-data(i,j)
    end
end

%Menghitung Statistik M
inv_S=inv(S)
Vt=V.'
for j=1:n
    M(j,1)=(1/2)*V(j,:)*inv_S*Vt(:,j)
end

%Menghitung Batas Kendali
ucl=chi2inv(1-(alpha/2),p)
lcl=chi2inv(alpha/2,p)

%Peta Kendali
for j=1:n
    bka(j,1)=ucl
end
for j=1:n
    bkb(j,1)=lcl
end
x=1:m-1
y=M

```

### Lampiran 8. Lanjutan

```

plot(x,y,'b*-',x,bka,'k-',x,bkb,'k-')
title('Peta Kendali M Fase I')
xlabel('observasi ke-')
ylabel('M')
text(k,ucl,'UCL')
text(k,lcl,'LCL')

%Jumlah Observasi Yang Keluar
for j=1:n
    if(M(j,1)>ucl) |(M(j,1)<lcl)
        o(j,1)=j; else o(j,1)=0
    end;
end;
obs=sum(o)
%Observasi Yang Keluar
for j=1:n
    if(M(j,1)>ucl) |(M(j,1)<lcl)
        obs(j,1)=j; else obs(j,1)=0
    end;
end;
obs_out=obs

```

### Lampiran 9. *Output* Statistik Uji M Data Desember 2016

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 1   | 3,918026    |
| 2   | 0,57779     |
| 3   | 7,235068    |
| 4   | 0,978286    |
| 5   | 0,826397    |
| 6   | 1,854975    |
| 7   | 4,084782    |

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 8   | 6,212409    |
| 9   | 6,627643    |
| 10  | 9,677533    |
| 11  | 8,171244    |
| 12  | 4,167149    |
| 13  | 3,79675     |
| 14  | 0,367162    |

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 15  | 3,192591    |
| 16  | 0,720614    |
| 17  | 1,61509     |
| 18  | 6,327304    |
| 19  | 4,342192    |
| 20  | 1,13053     |
| 21  | 4,017019    |

**Lampiran 9.** Lanjutan

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 22  | 4,101509    |
| 23  | 1,742866    |
| 24  | 4,740971    |
| 25  | 0,380133    |
| 26  | 2,875211    |
| 27  | 4,016865    |
| 28  | 2,141243    |
| 29  | 0,630212    |
| 30  | 0,468665    |
| 31  | 1,287455    |
| 32  | 0,56786     |
| 33  | 1,000373    |
| 34  | 2,250908    |
| 35  | 1,951135    |
| 36  | 1,402543    |

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 37  | 7,057183    |
| 38  | 7,295067    |
| 39  | 1,025523    |
| 40  | 0,149683    |
| 41  | 0,141248    |
| 42  | 0,625023    |
| 43  | 0,838473    |
| 44  | 0,662757    |
| 45  | 0,643442    |
| 46  | 0,801522    |
| 47  | 0,152742    |
| 48  | 6,20818     |
| 49  | 1,371213    |
| 50  | 0,8257      |
| 51  | 3,711975    |

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 52  | 2,104846    |
| 53  | 2,312348    |
| 54  | 5,79625     |
| 55  | 6,158256    |
| 56  | 0,1701      |
| 57  | 3,124405    |
| 58  | 1,339577    |
| 59  | 4,156003    |
| 60  | 2,682096    |
| 61  | 0,970824    |
| 62  | 0,69934     |
| 63  | 1,349398    |
| 64  | 3,589037    |
| 65  | 1,47416     |

**Lampiran 10.** *Output* Statistik Uji M Data Awal Januari 2017

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 1   | 0,098636    |
| 2   | 0,787987    |
| 3   | 4,032217    |
| 4   | 7,423215    |
| 5   | 1,495763    |
| 6   | 4,630075    |
| 7   | 4,656267    |
| 8   | 3,229924    |
| 9   | 0,197095    |
| 10  | 0,548777    |
| 11  | 1,182654    |
| 12  | 0,731974    |
| 13  | 1,206236    |

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 14  | 0,173503    |
| 15  | 0,711681    |
| 16  | 0,786658    |
| 17  | 1,507604    |
| 18  | 1,691398    |
| 19  | 0,69471     |
| 20  | 0,078606    |
| 21  | 0,904187    |
| 22  | 3,16447     |
| 23  | 2,997822    |
| 24  | 1,986901    |
| 25  | 1,271065    |
| 26  | 2,082066    |

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 27  | 3,349763    |
| 28  | 4,264639    |
| 29  | 6,53543     |
| 30  | 1,31972     |
| 31  | 0,779699    |
| 32  | 0,447246    |
| 33  | 0,012456    |
| 34  | 2,173304    |
| 35  | 1,351488    |
| 36  | 1,79924     |
| 37  | 2,347578    |
| 38  | 1,596798    |
| 39  | 1,165574    |

**Lampiran 10. Lanjutan**

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 40  | 1,278468    |
| 41  | 0,167955    |
| 42  | 4,049433    |
| 43  | 1,017787    |
| 44  | 0,014683    |
| 45  | 2,245727    |
| 46  | 0,173144    |
| 47  | 1,228651    |
| 48  | 0,904508    |

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 49  | 3,068089    |
| 50  | 4,46012     |
| 51  | 3,92271     |
| 52  | 0,864912    |
| 53  | 0,010418    |
| 54  | 5,694477    |
| 55  | 3,75882     |
| 56  | 3,347136    |
| 57  | 0,110287    |

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 58  | 4,008261    |
| 59  | 5,046937    |
| 60  | 5,238046    |
| 61  | 10,18307    |
| 62  | 5,176951    |
| 63  | 1,232449    |
| 64  | 0,437743    |
| 65  | 0,230458    |

**Lampiran 11. *Output* Statistik Uji M Perbaikan ke-1 Data Januari 2017**

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 1   | 0,096178    |
| 2   | 0,766321    |
| 3   | 3,893674    |
| 4   | 7,093497    |
| 5   | 1,459553    |
| 6   | 4,472856    |
| 7   | 4,493507    |
| 8   | 3,128731    |
| 9   | 0,188405    |
| 10  | 0,533029    |
| 11  | 1,140377    |
| 12  | 0,700613    |
| 13  | 1,163136    |
| 14  | 0,166642    |
| 15  | 0,681691    |
| 16  | 0,760624    |
| 17  | 1,476296    |
| 18  | 1,622488    |

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 19  | 0,667479    |
| 20  | 0,078095    |
| 21  | 0,89631     |
| 22  | 3,231481    |
| 23  | 2,989545    |
| 24  | 1,936869    |
| 25  | 1,232432    |
| 26  | 2,058325    |
| 27  | 3,334094    |
| 28  | 4,207975    |
| 29  | 6,606809    |
| 30  | 1,316505    |
| 31  | 0,747744    |
| 32  | 0,313203    |
| 33  | 2,215065    |
| 34  | 1,314594    |
| 35  | 1,719447    |
| 36  | 2,279342    |

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 37  | 1,632939    |
| 38  | 1,11998     |
| 39  | 1,245128    |
| 40  | 0,161234    |
| 41  | 3,926664    |
| 42  | 1,105942    |
| 43  | 2,169816    |
| 44  | 0,166151    |
| 45  | 1,198438    |
| 46  | 0,889565    |
| 47  | 2,993553    |
| 48  | 4,34935     |
| 49  | 3,839823    |
| 50  | 0,836543    |
| 51  | 5,736325    |
| 52  | 3,662207    |
| 53  | 3,249484    |
| 54  | 0,111888    |

**Lampiran 11. Lanjutan**

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 55  | 3,974628    |
| 56  | 4,848681    |
| 57  | 5,117506    |

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 58  | 9,855538    |
| 59  | 5,045825    |
| 60  | 1,222029    |

| No. | Statistik M |
|-----|-------------|
| 61  | 0,420149    |
| 62  | 0,223395    |

**Lampiran 12. Output uji Box's M**

**Box's Test of Equality of  
Covariance Matrices<sup>a</sup>**

|         |            |
|---------|------------|
| Box's M | 13.810     |
| F       | 2.244      |
| df1     | 6          |
| df2     | 122445.283 |
| Sig.    | .036       |

**Lampiran 13. Output uji Behrens-Fisher**

```
MTB > Name m1 "COVA1"
MTB > Covariance 'PDI1'-'Fat1' 'COVA1'.
MTB > Name m2 "COVA2"
MTB > Covariance 'PDI2'-'Fat2' 'COVA2'.
MTB > copy c9 m3
MTB > trans m3 m4
MTB > mult 0.0152 m1 m5
MTB > mult 0.0152 m2 m6
MTB > Add M5 M6 m7.
MTB > invert m7 m8
MTB > print m8
```

```
Matrix M8
10.3171    12.815    9.725
12.8146   355.384   84.243
 9.7255    84.243  958.809
```

```
MTB > mult m4 m8 m9
MTB > mult m9 m3 m10
Answer = 57.6433
```

**Lampiran 14.** *Output Statistik Uji T<sup>2</sup> Hotteling Individu Data Desember 2016*

| No. | T <sup>2</sup> Hotteling Individu |
|-----|-----------------------------------|
| 1   | 1,424702                          |
| 2   | 4,934786                          |
| 3   | 3,613051                          |
| 4   | 5,101193                          |
| 5   | 3,031656                          |
| 6   | 0,919714                          |
| 7   | 1,175045                          |
| 8   | 3,07356                           |
| 9   | 6,040261                          |
| 10  | 3,815192                          |
| 11  | 14,35269                          |
| 12  | 2,078963                          |
| 13  | 3,161079                          |
| 14  | 2,407869                          |
| 15  | 6,081026                          |
| 16  | 0,279927                          |
| 17  | 2,569031                          |
| 18  | 3,14208                           |
| 19  | 6,870473                          |
| 20  | 0,84533                           |
| 21  | 2,431479                          |
| 22  | 4,173011                          |
| 23  | 2,637753                          |
| 24  | 7,91835                           |
| 25  | 1,227203                          |
| 26  | 2,490956                          |
| 27  | 3,965296                          |
| 28  | 1,321053                          |
| 29  | 8,422059                          |
| 30  | 3,622216                          |

| No. | T <sup>2</sup> Hotteling Individu |
|-----|-----------------------------------|
| 31  | 8,286074                          |
| 32  | 3,599652                          |
| 33  | 6,054936                          |
| 34  | 0,574354                          |
| 35  | 4,193557                          |
| 36  | 3,400854                          |
| 37  | 0,790597                          |
| 38  | 10,87198                          |
| 39  | 1,887257                          |
| 40  | 0,487459                          |
| 41  | 0,610721                          |
| 42  | 0,532816                          |
| 43  | 1,84928                           |
| 44  | 0,375454                          |
| 45  | 1,017622                          |
| 46  | 0,286986                          |
| 47  | 3,124685                          |
| 48  | 4,24123                           |
| 49  | 3,727146                          |
| 50  | 0,950755                          |
| 51  | 3,972347                          |
| 52  | 4,157038                          |
| 53  | 0,962626                          |
| 54  | 4,606435                          |
| 55  | 7,762632                          |
| 56  | 7,635758                          |
| 57  | 6,882225                          |
| 58  | 4,072643                          |
| 59  | 5,018625                          |
| 60  | 2,105033                          |



**Lampiran 14. Lanjutan**

| No. | T <sup>2</sup> Hotteling Individu |
|-----|-----------------------------------|
| 61  | 2,685725                          |
| 62  | 1,159133                          |
| 63  | 0,408353                          |

| No. | T <sup>2</sup> Hotteling Individu |
|-----|-----------------------------------|
| 64  | 0,848125                          |
| 65  | 5,375533                          |
| 66  | 2,105033                          |

**Lampiran 15. Output Statistik Uji T<sup>2</sup> Hotteling Individu Data Januari 2017**

| No. | T <sup>2</sup> Hotteling Individu |
|-----|-----------------------------------|
| 1   | 0,600053                          |
| 2   | 0,520478                          |
| 3   | 3,248729                          |
| 4   | 10,22916                          |
| 5   | 1,668413                          |
| 6   | 3,816918                          |
| 7   | 9,771015                          |
| 8   | 3,135357                          |
| 9   | 5,7087                            |
| 10  | 3,23571                           |
| 11  | 1,490549                          |
| 12  | 8,547539                          |
| 13  | 3,65755                           |
| 14  | 0,825733                          |
| 15  | 0,510716                          |
| 16  | 2,003279                          |
| 17  | 4,229623                          |
| 18  | 3,508413                          |
| 19  | 6,202186                          |
| 20  | 2,36962                           |
| 21  | 3,18096                           |
| 22  | 8,562545                          |
| 23  | 0,72458                           |
| 24  | 10,74726                          |

| No. | T <sup>2</sup> Hotteling Individu |
|-----|-----------------------------------|
| 25  | 7,396564                          |
| 26  | 4,159566                          |
| 27  | 6,216169                          |
| 28  | 3,083115                          |
| 29  | 4,941549                          |
| 30  | 10,09452                          |
| 31  | 3,68963                           |
| 32  | 2,545939                          |
| 33  | 2,233689                          |
| 34  | 14,3366                           |
| 35  | 14,23988                          |
| 36  | 8,725176                          |
| 37  | 9,506722                          |
| 38  | 1,007865                          |
| 39  | 1,915779                          |
| 40  | 4,404887                          |
| 41  | 5,118733                          |
| 42  | 1,171569                          |
| 43  | 0,86299                           |
| 44  | 3,542206                          |
| 45  | 2,875626                          |
| 46  | 1,300391                          |
| 47  | 2,352373                          |
| 48  | 1,985094                          |

**Lampiran 15. Lanjutan**

| No. | T <sup>2</sup> Hotteling Individu |
|-----|-----------------------------------|
| 49  | 4,014862                          |
| 50  | 2,404207                          |
| 51  | 7,515934                          |
| 52  | 4,08538                           |
| 53  | 2,221673                          |
| 54  | 3,371947                          |
| 55  | 4,749686                          |
| 56  | 8,605267                          |

| No. | T <sup>2</sup> Hotteling Individu |
|-----|-----------------------------------|
| 57  | 0,960312                          |
| 58  | 7,940441                          |
| 59  | 5,772712                          |
| 60  | 2,858242                          |
| 61  | 2,221673                          |
| 62  | 2,063873                          |
| 63  | 1,643468                          |

**Lampiran 16. Data Karakteristik Kualitas yang Tidak Sesuai Batas Spesifikasi untuk Diagram *Pareto*.**

| No | PDI   |           | Kandungan Protein |           | Kandungan <i>Fat</i> |           |
|----|-------|-----------|-------------------|-----------|----------------------|-----------|
|    | Nilai | Kategorik | Nilai             | Kategorik | Nilai                | Kategorik |
| 1  | 94    | Ya        | 20,21             | Tidak     | 6,1                  | Tidak     |
| 2  | 94    | Ya        | 20,08             | Tidak     | 6,09                 | Tidak     |
| 3  | 94    | Ya        | 19,71             | Tidak     | 6,08                 | Tidak     |
| 4  | 89    | Tidak     | 19,97             | Tidak     | 6,21                 | Tidak     |
| 5  | 95    | Ya        | 20,09             | Tidak     | 6,14                 | Tidak     |
| 6  | 94    | Ya        | 19,73             | Tidak     | 6,02                 | Tidak     |
| 7  | 89    | Tidak     | 20,29             | Tidak     | 5,96                 | Tidak     |
| 8  | 94    | Ya        | 19,76             | Tidak     | 6,04                 | Tidak     |
| 9  | 90    | Tidak     | 20,31             | Tidak     | 5,99                 | Tidak     |
| 10 | 91    | Tidak     | 20,32             | Tidak     | 5,98                 | Tidak     |
| 11 | 92    | Tidak     | 20,04             | Tidak     | 6,06                 | Tidak     |
| 12 | 90    | Tidak     | 19,98             | Tidak     | 5,95                 | Tidak     |
| 13 | 92    | Tidak     | 19,94             | Tidak     | 5,96                 | Tidak     |
| 14 | 94    | Ya        | 20,01             | Tidak     | 6,07                 | Tidak     |
| 15 | 93    | Ya        | 20,07             | Tidak     | 6,06                 | Tidak     |
| 16 | 95    | Ya        | 20,01             | Tidak     | 6,07                 | Tidak     |

**Lampiran 16. Lanjutan**

| No | PDI   |           | Kandungan Protein |           | Kandungan <i>Fat</i> |           |
|----|-------|-----------|-------------------|-----------|----------------------|-----------|
|    | Nilai | Kategorik | Nilai             | Kategorik | Nilai                | Kategorik |
| 17 | 95    | Ya        | 19,65             | Tidak     | 6,13                 | Tidak     |
| 18 | 94    | Ya        | 20                | Tidak     | 5,89                 | Tidak     |
| 19 | 96    | Ya        | 20,27             | Tidak     | 5,93                 | Tidak     |
| 20 | 95    | Ya        | 20,05             | Tidak     | 6,02                 | Tidak     |
| 21 | 95    | Ya        | 20,1              | Tidak     | 5,95                 | Tidak     |
| 22 | 95    | Ya        | 19,75             | Tidak     | 5,83                 | Tidak     |
| 23 | 93    | Ya        | 20,02             | Tidak     | 6,3                  | Tidak     |
| 24 | 94    | Ya        | 19,32             | Tidak     | 6,08                 | Tidak     |
| 25 | 96    | Ya        | 19,49             | Tidak     | 6,28                 | Tidak     |
| 26 | 96    | Ya        | 19,96             | Tidak     | 6,26                 | Tidak     |
| 27 | 95    | Ya        | 19,6              | Tidak     | 6,03                 | Tidak     |
| 28 | 91    | Tidak     | 20,12             | Tidak     | 6,3                  | Tidak     |
| 29 | 92    | Tidak     | 20,54             | Ya        | 5,82                 | Tidak     |
| 30 | 91    | Tidak     | 20,47             | Tidak     | 6,53                 | Ya        |
| 31 | 91    | Tidak     | 20,08             | Tidak     | 6,35                 | Tidak     |
| 32 | 92    | Tidak     | 20,34             | Tidak     | 6,32                 | Tidak     |
| 33 | 92    | Tidak     | 20,48             | Tidak     | 6,16                 | Tidak     |
| 34 | 92    | Tidak     | 20,47             | Tidak     | 6,19                 | Tidak     |
| 35 | 91    | Tidak     | 20,58             | Ya        | 6,6                  | Ya        |
| 36 | 89    | Tidak     | 20,63             | Ya        | 6,42                 | Tidak     |
| 37 | 92    | Tidak     | 20,66             | Ya        | 6,41                 | Tidak     |
| 38 | 92    | Tidak     | 20,13             | Tidak     | 6,65                 | Ya        |
| 39 | 93    | Ya        | 19,94             | Tidak     | 6,31                 | Tidak     |
| 40 | 94    | Ya        | 20,29             | Tidak     | 6,28                 | Tidak     |
| 41 | 93    | Ya        | 20,68             | Ya        | 6,1                  | Tidak     |
| 42 | 92    | Tidak     | 20,73             | Ya        | 6,1                  | Tidak     |
| 43 | 93    | Ya        | 19,92             | Tidak     | 6,32                 | Tidak     |
| 44 | 93    | Ya        | 20,07             | Tidak     | 6,06                 | Tidak     |
| 45 | 93    | Ya        | 20,03             | Tidak     | 6,04                 | Tidak     |

**Lampiran 16. Lanjutan**

| No | PDI   |           | Kandungan Protein |           | Kandungan <i>Fat</i> |           |
|----|-------|-----------|-------------------|-----------|----------------------|-----------|
|    | Nilai | Kategorik | Nilai             | Kategorik | Nilai                | Kategorik |
| 46 | 94    | Ya        | 20,56             | Ya        | 6,06                 | Tidak     |
| 47 | 93    | Ya        | 20,58             | Ya        | 6,08                 | Tidak     |
| 48 | 94    | Ya        | 20,22             | Tidak     | 6,27                 | Tidak     |
| 49 | 94    | Ya        | 20,46             | Tidak     | 6,06                 | Tidak     |
| 50 | 93    | Ya        | 20                | Tidak     | 6,4                  | Tidak     |
| 51 | 93    | Ya        | 20,66             | Ya        | 6,01                 | Tidak     |
| 52 | 94    | Ya        | 20,07             | Tidak     | 6,4                  | Tidak     |
| 53 | 92    | Tidak     | 20,34             | Tidak     | 6,54                 | Ya        |
| 54 | 92    | Tidak     | 20,3              | Tidak     | 6,55                 | Ya        |
| 55 | 91    | Tidak     | 20,18             | Tidak     | 5,94                 | Tidak     |
| 56 | 94    | Ya        | 19,72             | Tidak     | 6,26                 | Tidak     |
| 57 | 95    | Ya        | 20,26             | Tidak     | 5,95                 | Tidak     |
| 58 | 95    | Ya        | 20,24             | Tidak     | 5,86                 | Tidak     |
| 59 | 97    | Ya        | 20,09             | Tidak     | 6,32                 | Tidak     |
| 60 | 92    | Tidak     | 20,31             | Tidak     | 6,16                 | Tidak     |
| 61 | 93    | Ya        | 19,59             | Tidak     | 6,59                 | Ya        |
| 62 | 94    | Ya        | 20,68             | Ya        | 6,14                 | Tidak     |
| 63 | 93    | Ya        | 19,85             | Tidak     | 6                    | Tidak     |
| 64 | 94    | Ya        | 19,72             | Tidak     | 6,26                 | Tidak     |
| 65 | 95    | Ya        | 19,86             | Tidak     | 6,19                 | Tidak     |
| 66 | 95    | Ya        | 20,06             | Tidak     | 6,18                 | Tidak     |

Keterangan :

Kategorik : Ya = Nilai dari variabel karakteristik kualitas yang tidak sesuai dengan Batas Spesifikasi Atas atau Batas Spesifikasi Bawah

Tidak = Nilai dari variabel karakteristik kualitas yang sesuai dengan Batas Spesifikasi Atas atau Batas Spesifikasi Bawah

**Lampiran 16.** Lanjutan.

| Jenis Karakteristik Kualitas   | Frekuensi | Persentase |
|--------------------------------|-----------|------------|
| <i>Pellet Durability Index</i> | 43        | 72,9%      |
| Kandungan Protein              | 10        | 16,9%      |
| Kandungan <i>Fat</i>           | 6         | 10,2%      |

**Lampiran 17** Program *Syntax* Kapabilitas Proses Multivariat

```

macro
cova x.1-x.p
mconstant n i t1 t2 t3 c.1-c.p k2 k chi cp sbaru
mcolumn x.1-x.p b.1-b.p vek.1-vek.66 cm1 sbr
mmatrix am1 am2 am3 ainv am5 am6 mm mtt mvek mvekt s cm2
          cm3 cm4 vo voin
noecho
let n=count(x.1)
define 0 1 1 s
print s
do i=1:p
let b.i=x.i-mean(x.i)
enddo
copy x.1-x.p am1
cova x.1-x.p vo
print vo
inve vo voin
print voin
trans am1 am2
mult am2 am1 am3
inve am3 ainv
print ainv
copy b.1-b.p mm
trans mm mtt
copy mtt vek.1-vek.66
do i=1:n
copy vek.i mvek

```

**Lampiran 17. Lanjutan**

```
trans mvek mvekt
mult mvekt ainv am5
mult am5 mvek am6
add s am6 s
print i s
enddo
print s
copy s sbr
print sbr
copy sbr sbaru
print sbaru
let t1=88.5
let t2=19.7
let t3=5.75
let c.1=mean(x.1)-t1
let c.2=mean(x.2)-t2
let c.3=mean(x.3)-t3
print c.1-c.3
copy c.1-c.3 cm1
print cm1
trans cm1 cm2
trans cm2 cm3
print cm2
print cm3
mult cm2 voin cm4
print cm4
mult cm4 cm3 k2
print k2
let k=sqrt(k2)
print k
invcdf 0.9973 chi;
chis p.
print chi
let cp=(k/chi)*sqrt((n-1)*p/sbaru)
print cp
endmacro
```

## Lampiran 18. Surat Penerimaan Pengambilan Data



**PT. JAPFA COMFEED INDONESIA Tbk.**

Jl. Raya Tebel Km 3,8, Gedangan Sidoarjo 61254, Indonesia  
Tel : (62-31) 89 13612 (Hunting - 5 Line) Fax : 89 18438 Website : www.japfacomfeed.co.id

PGA/SOP-04/FM-01

No. 082/PGA/R/I/2017

Sidoarjo, 17 Februari 2017

Kepada Yth,

**Kepala Program Studi DIII Statistika  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111**

**Perihal : Surat Balasan Penelitian (Tugas Akhir)**

Dengan Hormat,

Membalas Surat permohonan No. 007144/IT2.VI.8.6/TU.00.09/2017 permohonan pengambilan data untuk tugas akhir atas nama :

| No | Nama              | Nim/Kelas  | Jurusan         |
|----|-------------------|------------|-----------------|
| 1  | Achmad Syahrul R. | 1314030035 | DIII-Statistika |

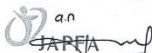
Dengan ini diberitahukan bahwa kami mengijinkan Mahasiswa untuk melakukan kegiatan tersebut pada :

Tanggal : 20 Februari s/d 20 April 2017  
Tempat : PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk. - Unit Gedangan  
Jl. Raya Tebel Km. 3,8 Gedangan - Sidoarjo

Pembimbing : 1. Verdiokta, S.T.,M.M - Deputy Kepala Departemen Plant

Demikian pemberitahuan kami, atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Hormat Kami,

  
PT. JAPFA COMFEED INDONESIA Tbk

**R. Risky Hendri K**  
Ka. Sub. Dept. PGA

## Lampiran 19. Surat Keaslian Data

### SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, mahasiswa Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS :

Nama : Achmad Syahrul Ramadhani

NRP : 1314030035

Menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan data sekunder yang diambil dari Penelitian/Buku/Tugas Akhir/Thesis/Publikasi \*) yaitu

Sumber : PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk. Unit Gedangan  
Sidoarjo

Keterangan : Data Hasil Produksi Pakan Ternak Ayam Jenis Pellet  
Bulan Desember 2016 dan Januari 2017

Surat Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data, maka saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,



(Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.)

NIP. 19610311 198701 2 001

Surabaya, 05 Juli 2017

Yang Membuat Pernyataan,



(Achmad Syahrul Ramadhani)

NRP. 1314 030 035



\

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Achmad Syahrul Ramadhani yang biasa dipanggil Dhani. Penulis dilahirkan di Pasuruan, 31 Januari 1996 sebagai anak pertama dari dua bersaudara oleh pasangan suami istri, Khoirul Anam dan Dyah Koesmiasih. Penulis bertempat tinggal di Mojokerto dan telah menempuh pendidikan formal dimulai dari TK Depag, SDN Kranggan III Mojokerto (2001-2008), SMP Negeri 1 Kota Mojokerto (2008-2011), dan SMA Negeri 1 Puri Mojokerto (2011-2014). Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan studinya di Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS angkatan 2014 yang merupakan keluarga besar “*PIONEER*” dengan nomor sigma  $\sigma_{01.001}^2$ . Tahun pertama, penulis bergabung dengan Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) yaitu Maritime Challenge (MC). Tahun ketiga, penulis mengembangkan minatnya dalam bidang mengajar dengan menjadi asisten dosen pada mata kuliah praktikum *Pengendalian Kualitas Statistika* dan *Riset Pemasaran*. Pada akhir semester 4, penulis mendapatkan kesempatan pengalaman Kerja Praktek di PT. PAL INDONESIA JL. Ujung, Surabaya. Pada tahun terakhir penulis mengikuti organisasi di HIMADATA-ITS sebagai elemen pengkader, selain pernah mengikuti organisasi penulis juga sering mengikuti kegiatan kepanitiaan yaitu panitia GERIGI ITS 2016, sie Humas PRS ITS, Koor Humas SE statistika ITS, Ketua Kulap mata kuliah TPK, panitia HUMAS Kulap mata kuliah MO, PKS, PPP, dan MM. Segala kritik dan saran akan diterima oleh penulis untuk perbaikan kedepannya, Jika ada keperluan atau ingin berdiskusi dengan penulis dapat dihubungi melalui No. HP 081334318607 atau dihubungi melalui via *e-mail* yaitu pada dhanyramadhani07@gmail.com atau zacram007@gmail.com